

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**

**MATTHIAS MÖLLER:**  
**NEUE WEGE IM WISSENSCHAFTLICHEN RECHNEN**  
**– QUANTUM COMPUTING**

**RUPESH CHAFLE & BENJAMIN KLUSEMANN:**  
**FRICTION-BASED SOLID-STATE PROCESSING:**  
**APPLICATION OF DIFFERENT NUMERICAL**  
**SCHEMES FOR PROCESS SIMULATIONS**

**JUNGE WISSENSCHAFTLER**  
**CHRISTOPH LOHMANN**  
**DUSTIN ROMAN JANTOS**

**RICHARD-VON-MISES-PREIS 2024**  
**GAMM-NACHWUCHSGRUPPEN**

## 2/2024

## 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: axel.klawonn@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  
Peter Liffers, Dortmund  
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

## Cover:

Strömungsbild einer Fasersuspension  
durch eine dreidimensionale Kontraktion  
(Christoph Lohmann)

ISSN 2196-3789

- 4 Neue Wege im wissenschaftlichen Rechnen – Quantum Computing**  
von Matthias Möller
- 12 Friction-based solid-state processing: Application of different numerical schemes for process simulations**  
by Rupesh Chafle & Benjamin Klusemann
- 21 Steckbrief**  
**Christoph Lohmann**
- 23 Steckbrief**  
**Dustin Roman Jantos**
- 25 Warum ist Mathematik für Künstliche Intelligenz unentbehrlich?**  
Stellungnahme der mathematischen Fachgesellschaften
- 26 Berichte der GAMM Juniors**  
von Andreas Warkentin und Maximilian Reichel
- 26 YAMM Lunch 2024**
- 26 Postersession Gamm 2024**
- 27 Pre-GAMM 2024 – Magdeburg**
- 28 GAMMAS Best Paper Award**
- 28 Weitere Aktivitäten der GAMM Juniors**
- 29 Jahresberichte 2024 der GAMM-Nachwuchsgruppen**
- 29 U Stuttgart**  
Von Julian Berberich und Franziska Egli
- 29 HU Berlin**  
von Raphael Kuess
- 30 TU Dortmund**  
Von Marius Harnisch, Klas Feike, Nataly Manque und Jonas Dünnebacke
- 31 U Ulm**  
Von Nina Beranek und Alexander Reinhold
- 31 U Duisburg-Essen**  
by Maximilian Reichel and Sonja Hellebrand
- 32 U Chemnitz**  
von Kai Bergemann, Tom-Christian Riemer und Theresa Wagner
- 32 U Hannover**  
von Hendrik Geisler
- 32 TU Braunschweig**  
von Katja Tüting
- 33 TU + U Hamburg**  
Von Stephanie Blanke und Katharina Klioba
- 33 KIT**  
von Alexander Dyck und Raphael Schoof
- 34 RU Bochum**  
von Hendrik Dorn
- 34 U Augsburg**  
von Fabian Kröpfl und Timo Neumeier
- 35 "Knowledge Briefs" von den GAMM Juniors**
- 35 Links zu Fachausschüssen und weiteren Organisationen**
- 36 Nachruf: Prof. Dr. Alfred K. Louis**  
von Bernadette Hahn-Rigaud, Peter Maass, Andreas Rieder und Thomas Schuster
- 36 Aufruf: Material zur Geschichte der GAMM**
- 39 Nachruf: Prof. Dr. Rolf Jeltsch**  
von Karsten Urban
- 40 GAMM 2024 in Magdeburg**  
von Peter Benner, Daniel Juhre, Thomas Richter und Elmar Woschke
- 44 GAMM 2024: Opening Speech**  
von Karsten Urban
- Richard-von-Mises-Preis 2024**
- 46 Laudatio Dr. Patrik Knopf**  
von Harald Garcke
- 48 Laudatio Marco Salvalaglio**  
von Axel Voigt
- 50 Laudatio Laurette Tuckerman**  
von Dominique Thévenin
- 52 Beschlussprotokoll zur Mitgliederversammlung 2024**
- 54 Bericht des Präsidenten an die Mitglieder der GAMM auf der Mitgliederversammlung am 20. März 2024**  
von Karsten Urban
- 60 Aufruf: Nachwuchs-Minisymposien**
- 61 Aufruf: Wahlen zum Vorstandsrat**
- 62 Vorstand der GAMM**
- 63 Ehrenmitglieder der GAMM**

LIEBE LESERIN, LIEBER LESER,

LIEBE GAMM-MITGLIEDER,



nahezu 1000 teilnehmende Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus der Angewandten Mathematik und Mechanik tauschten sich im März im Rahmen der GAMM Jahrestagung in Magdeburg aus. Großer Dank gilt dem lokalen Organisationsteam für das große Engagement und die hervorragende Organisation. Der speziell für Erstteilnehmende wissenschaftlicher Tagungen ausgerichtete Workshop, die PREGAMM, wurde wieder von zahlreichen Nachwuchswissenschaftlerinnen und Nachwuchswissenschaftlern besucht. In einem kurzen Bericht blicken die Organisatoren auf die Jahrestagung zurück. Weiterhin nachzulesen sind die Eröffnungsrede des GAMM Präsidenten Karsten Urban sowie sein Bericht in der Hauptversammlung. Im kommenden Frühling findet die GAMM Jahrestagung an der Poznan University of Technology in Polen statt.



Der erste Leitartikel mit dem Titel "Neue Wege im wissenschaftlichen Rechnen – Quantum Computing" von Matthias Möller behandelt ein Thema, welches mit einem potentiellen Paradigmenwechsel in zukünftigen Rechnerarchitekturen in Verbindung gebracht wird. Die in den kommenden Jahren erwarteten, praktisch nutzbaren Quantenrechner erfordern neben technologischen Fortschritten auch ein Umdenken hinsichtlich der Algorithmen. Thema des zweiten Leitartikels ist das „Friction-based solid state processing: application of different numerical schemes for process simulations“. Die Autoren Rupesh Chafle und Benjamin Klusemann beleuchten unterschiedliche Komplexitätsstufen in der numerischen Simulation reibungsbasierter Fügeverfahren.

Zwei junge Wissenschaftler stellen sich und ihre Forschung im Rahmen der Steckbriefe vor: Herr Christoph Lohmann, derzeit wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Technischen Universität Dortmund, und Herr Dustin Roman Jantos, OBERINGENIEUR an der Leibniz Universität Hannover. Weiterhin berichten die GAMM-Juniors und die GAMM-Nachwuchsgruppen über ihre vielfältigen Aktivitäten. Herzlich gratulieren wir

den diesjährigen Richard-von-Mises-Preisträgern Patrick Knopf und Marco Salvalaglio. In der aktuellen Ausgabe finden sich auch die Laudatios zu den Preisträgern von Harald Garcke und Axel Voigt.

In einem Nachruf gedenkt Karsten Urban dem geschätzten Kollegen Rolf Jeltsch, ehemaliger Präsident der GAMM von 2005–2007. Weiterhin gedenken Bernadette Hahn-Rigaud, Peter Maass, Andreas Rieder und Thomas Schuster dem geschätzten Kollegen Alfred K. Louis.

„Mathematik ist wie Sauerstoff. Wenn sie da ist, bemerkt man es nicht. Wenn sie nicht da ist, könnte man nicht ohne sie leben.“<sup>1</sup> Diese Aussage wird dem Mathematiker Lex Schrijver zugeschrieben und beschreibt sehr gut die Notwendigkeit der Mathematik in vielen Bereichen; dies gilt auch für das Forschungsgebiet der Künstlichen Intelligenz. Hierzu haben fünf mathematische Gesellschaften, darunter die GAMM, eine gemeinsame Stellungnahme verfasst, die wir auf S. 25 dieser Ausgabe abdrucken.

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 2024

Daniel Balzani und Axel Klawonn

<sup>1</sup> Erfolgsformeln - Anwendungen der Mathematik, Matthias Ehrhardt, Michael Günther, Will Schilders, Books4You, s'Hertogenbosch, Niederlande, 2021, 212 Seiten  
<https://erfolgsformeln.uni-wuppertal.de/fileadmin/mathe/erfolgsformeln/Erfolgsformeln.pdf>

# NEUE WEGE IM WISSENSCHAFTLICHEN RECHNEN – QUANTUM COMPUTING

VON MATTHIAS MÖLLER

Dies sind spannende Zeiten für das wissenschaftliche Rechnen. Nach Jahrzehnten der kontinuierlichen Weiterentwicklung der Von-Neumann-Rechnerarchitektur, welche die Grundlage heutiger CPU-basierter Rechensysteme bildet, und dem erfolgreichen Einzug programmierbarer Grafikkarten ins wissenschaftliche Rechnen, steht in den kommenden Jahren möglicherweise ein Paradigmenwechsel bevor – *Quantum Computing*.

## Von der Idee zur Umsetzung

Die Idee zu einem quantenmechanischen Computer hatten die Pioniere auf diesem Gebiet, Paul Benioff, David Deutsch, Richard Feynmann und Yuri Manin, bereits in den frühen 1980er Jahren. Es sollte jedoch noch bis zur Jahrtausendwende dauern bis erste Quantenrechnerprototypen durch Firmen wie Google, Intel, IBM und D-Wave entwickelt und kommerzialisiert wurden. Und auch heute, mehr als zwei Jahrzehnte später, sind wir weit davon entfernt, dass Quantenrechner es für die meisten praxisrelevanten Probleme mit klassischen Rechnern aufnehmen können. Dies liegt zum einen an der noch immer recht geringen Anzahl an Qubits (siehe „Kleines Quanten-Einmaleins“ weiter unten), aber auch an den vielen Fehlerquellen, die das Ergebnis einer praktischen Quantenrechnung stark verfälschen können. Daher werden heutige Quantenrechner oft als *noisy intermediate-scale Systeme* (NISQ) bezeichnet [1]. Es ist jedoch davon auszugehen, dass Fortschritte in der Quantenhardware etwa durch neuartige Qubittechnologien und die Entwicklung sogenannter Quantenfehlerkorrekturverfahren die Praxistauglichkeit von Quantenrechnern verbessern werden und wir innerhalb der kommenden Jahre sogenannte fehlertolerante Quantenrechner (FTQC) zur Verfügung haben werden, mit welchen sich komplexe Quantenberechnungen durchführen lassen werden. Neben dem Hauptfeld – *Quantum Computing* – entsteht eine interessante Nebendisziplin – *Quantum-inspired Computing*, welche kurzgesagt versucht, neue Lösungsansätze basierend auf Konzepten des Quantenrechnens zu entwickeln, ohne jedoch einen „echten“ Quantenrechner zu benötigen. Auch wenn man hier keine (komplexitätstheoretischen) Wunder erwarten darf, haben derartige Lösungsansätze ggf. in Kombination mit speziell angepasster Rechnerhardware – sogenannte special-purpose Hardwarebeschleuniger – durchaus Potential in der Praxis und sind für das wissenschaftliche Rechnen interessant.

Zusammen mit meinem Team am Institut für Angewandte Mathematik an der Technischen Universität Delft in den Niederlanden suchen wir nach praxisrelevanten Problemstellungen aus dem Bereich des wissenschaftlichen Rechnens, für die der Einsatz von Quantenrechnern sinnvoll ist bzw. in Zukunft sinnvoll werden könnte. Neben dem oft genannten Ziel, den Lösungsvorgang exponentiell zu beschleunigen, spielen für uns auch andere Aspekte wie die exponentielle Reduktion des Speicherbedarfs, die Verbesserung der Lösung bei Optimierungsproblemen sowie die unter Umständen bessere Energieeffizienz eines Quantenrechners gegenüber klassischen HPC-Systemen eine Rolle. Unsere Forschung ist dabei technologieoffen, d.h. wir betrachten sowohl gatterbasierte Quantenrechner als auch Quantenannealer. Den Unterschied sowie die wesentlichen Grundkonzepte des Quantenrechnens beleuchtet das folgende „kleine Quanten-Einmaleins“.

## Kleines Quanten-Einmaleins

Ein wesentlicher Unterschied zwischen klassischen Rechnersystemen und Quantenrechnern ist die Art und Weise, wie Informationen gespeichert werden. Während klassische Computer Informationen in Bits und Bytes speichern und binär verarbeiten, ist die kleinste Speichereinheit eines Quantenrechners das Quantenbit, kurz Qubit. Aus mathematischer Sicht lassen sich alle möglichen Zustände eines einzelnen Qubits als Superposition der zwei Grundzustände  $|0\rangle$  und  $|1\rangle$  beschreiben

$$|\psi\rangle = \gamma_0|0\rangle + \gamma_1|1\rangle, \quad \gamma_0, \gamma_1 \in \mathbb{C}, \quad |\gamma_0|^2 + |\gamma_1|^2 = 1$$

Dies bedeutet nicht, dass  $|\psi\rangle$  einen „Zwischenzustand“ annimmt, sondern dass die Wahrscheinlichkeit, mit der  $|\psi\rangle$  beim sogenannten „Messen“ auf einen der beiden Grundzustände zurückfällt,  $|\gamma_0|^2$  bzw.  $|\gamma_1|^2$  beträgt. Hieran lassen sich direkt zwei grundlegende Prinzipien des Quantenrechnens veranschaulichen. Zum einen ergibt eine einzige Quantenrechnung wenig Sinn, da nur durch mehrfache Wiederholung das „richtige“ Ergebnis einer Quantenrechnung mit hinreichend hoher Wahrscheinlichkeit bestimmt werden kann. Zum anderen verdeutlicht es das Phänomen der Dekohärenz. Idealerweise sollte das Quantensystem abgeschlossen sein und nicht mit seiner Umgebung in Wechselwirkung treten. In der Praxis ist dies jedoch nicht realisierbar, so dass die Normalisierungsbedingung

verletzt wird. Dekohärenz ist eine der größten Schwierigkeiten für heutige Quantenrechner. Bereits nach wenigen Rechenschritten verfälscht die Wechselwirkung mit der Umgebung den Quantenzustand so stark, dass keine sinnvollen Erkenntnisse aus dem Messergebnis gezogen werden können. Es wird jedoch erwartet, dass Verbesserungen im Bereich der Quantenhardware sowie die Weiterentwicklung von Quantenfehlerkorrekturverfahren längere Kohärenzzeiten und damit das Ausführen längerer Rechnungen ermöglichen werden. Neben der Dekohärenz, d.h. dem Verfälschen des Quantenzustandes durch Wechselwirkung mit der Umgebung, ist auch das Auslesen, das sogenannte „Messen“, fehlerbehaftet. Auch hier versprechen Verbesserungen im Bereich der Quantenhardware und bessere Messprotokolle auf lange Sicht Abhilfe.

$n$  Qubits ergeben ein sogenanntes Quantenregister, welches eine Superposition der möglichen Grundzustände repräsentieren kann

$$|\psi\rangle = \sum_{\ell=0}^{2^n-1} \gamma_{\ell} |\ell\rangle, \quad \gamma_{\ell} \in \mathbb{C}, \quad \sum_{\ell=0}^{2^n-1} |\gamma_{\ell}|^2 = 1$$

Hierbei bezeichnet  $|\ell\rangle$  den „ $\ell$ “-ten Grundzustand, d.h.  $|0\rangle=|000\rangle$ ,  $|1\rangle=|001\rangle$  und  $|7\rangle=|111\rangle$  in einem 3-Qubit Quantenregister. Mit jedem weiteren Qubit verdoppelt sich die Anzahl der darzustellenden Grundzustände. Dieser Umstand kann beispielsweise genutzt werden, um exponentiell viele Daten in den Amplituden  $\gamma_{\ell}$  zu kodieren. Diese exponentielle Speicherreduktion hat jedoch auch ihre Tücken. Im Gegensatz zu klassischen Computern, bei denen der Zustand eines jeden Bits direkt ausgelesen werden kann, ist es bei Quantenrechnern nicht möglich, die Amplituden  $\gamma_{\ell}$  direkt auszulesen. Vielmehr muss der Quantenalgorithmus wiederholt ausgeführt werden und aus dem Histogramm der Messergebnisse die Wahrscheinlichkeit  $|\gamma_{\ell}|^2$  ermittelt werden, mit der der „ $\ell$ “-te Grundzustand beobachtet wurde<sup>1</sup>. Bei der (Komplexitätstheoretischen) Gesamtkostenanalyse eines Quantenalgorithmus muss daher immer berücksichtigt werden, ob sich das Ergebnis der Quantenrechnung bei vorgeschriebener Genauigkeit effizient auslesen lässt, oder ob hierfür exponentiell viele Durchläufe und Messungen notwendig sind. Dann nämlich geht jeglicher Vorteil des Quantenrechnens verloren.

Beim eigentlichen Quantenalgorithmus muss man wiederum zwischen zwei unterschiedlichen Paradigmen unterscheiden: gatterbasiertes Quantenrechnen und Quantenannealing. Bei ersterem wird der Zustand des Quantenregisters aktiv durch die Anwendung sogenannter Quantengatter manipuliert. Aus mathematischer Sicht sind dies unitäre Operatoren, die sukzessive auf den Quantenzustand angewendet werden. Beispielsweise führt die Anwendung eines Hadamardgatters (H) auf das erste Qubit des Grund-

zustands gefolgt von einem kontrollierten Nicht-Gatter (CNOT) zum sogenannten ersten Bell-Zustand (benannt nach dem irischen Physiker John Stewart Bell)<sup>2</sup>

$$\text{CNOT} \cdot \text{H} \otimes I |00\rangle = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix} \otimes \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} + \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}$$

Den resultierenden Zustand bezeichnet man als verschränkten Quantenzustand, da die beiden Qubits nicht mehr unabhängig voneinander sind, d.h. sich der Quantenzustand nicht mehr als Produkt zweier Qubits darstellen lässt. Misst man beispielsweise für das erste Qubit den klassischen Zustand „0“ so muss sich das zweite Qubit zwangsläufig in selbigem befinden. Gleiches gilt für den Zustand „1“, da „01“ bzw. „10“ theoretisch nicht auftreten können. In der Praxis kommt es jedoch sehr wohl vor, dass „01“ bzw. „10“ mit kleiner Wahrscheinlichkeit gemessen werden, was erst durch den Einsatz von Quantenfehlerkorrekturverfahren behoben werden wird. Dies liegt neben der bereits erwähnten Dekohärenz und den Ungenauigkeiten beim Auslesen an der fehlerbehafteten Realisierung der Quantengatter in der Praxis. Man darf hierbei nicht vergessen, dass die Darstellung von Quantengattern als unitäre Operatoren bzw. Matrizen eine mathematische Abstraktion sind. In der Praxis müssen Quantengatter mittels analoger Steuersignale realisiert werden, was zu weiteren Fehlerquellen führt.

Quantenannealer funktionieren demgegenüber gänzlich anders. Vereinfacht gesagt wird dabei ein Quantensystem mittels adiabatischer Evolution in ein anderes überführt, ohne dabei den Zustand minimaler Energie zu verlassen. Aus mathematischer Sicht ist dieser Zustand minimaler Energie der zum kleinsten Eigenwert gehörende Eigenvektor eines das zu lösende Problem charakterisierenden Hamiltonoperators  $\hat{H}_{prop}$ . Im allgemeinen, d. h. nichtkonvexen Fall, ist das Finden dieses sogenannten Eigenzustandes für klassische Rechnersysteme schwierig (NP-hard). Startet man jedoch mit einem Hamiltonoperator  $\hat{H}_{init}$ , für den der Eigenzustand bekannt bzw. leicht zu berechnen ist, und überblendet diesen langsam in den eigentlichen Operator, d.h.

$$\hat{H}(t) = (1 - s(t))\hat{H}_{init} + s(t)\hat{H}_{prop}, \quad s: [0, T] \mapsto [0, 1]$$

so erhält man für  $\hat{H}(t=T)$  den gesuchten Eigenzustand des Hamiltonoperators  $\hat{H}_{prop}$ . Die Funktion  $s(t)$  definiert dabei den sogenannten Annealingpfad. In der Praxis entspricht dieser im einfachsten Fall der Setzung  $s(t) = t/T$ , wobei auch nichtlineare bzw. stückweise lineare Annealingpfade genutzt werden können. Wichtig dabei ist, dass

<sup>2</sup> Beim gatterbasierten Quantenrechnen werden Operatoren und deren Darstellung als Matrizen gleichermaßen genutzt. Dabei bezeichnet  $[1 \ 0 \ 0 \ 0]^T$  die Koordinatendarstellung des Quantenzustands  $|00\rangle$  bzgl. der sogenannten *computational basis*  $\{|00\rangle, |01\rangle, |10\rangle, |11\rangle\}$  auf welche sich die Matrixform der Quantengatter direkt anwenden lässt. Die Koordinatendarstellung kann selbstverständlich wieder in die quantentypische Bra-Ket-Notation überführt werden.

<sup>1</sup> Aus mathematischer Sicht definiert  $P_{|\psi\rangle}(|x\rangle) := |\langle x|\psi\rangle|^2$  die Wahrscheinlichkeit, dass sich der im Quantenregister gespeicherte Zustand  $|\psi\rangle$  im Zustand  $|x\rangle$  befinden. D.h.  $P_{|\psi\rangle}(|011\rangle) = |\gamma_3|^2$  im obigen Beispiel.

die Annealingzeit  $T$  kurz genug gewählt wird, um Dekohärenz zu vermeiden, und gleichzeitig lang genug ist, um ein „langsames“ Überblenden zu ermöglichen. Geschieht dies nämlich zu schnell, dann kann das Quantensystem in einen Zustand höherer Energie springen, wodurch man nicht mehr den Minimalwert als Lösung erhält.

Quantenannealer eignen sich in erster Linie zur Lösung kombinatorischer Optimierungsprobleme bei denen sich das Zielfunktional entweder als *Ising-Model*

$$\min_{s \in \{\pm 1\}^n} \sum_i h_i s_i + \sum_{i < j} J_{ij} s_i s_j$$

oder in der Form eines *quadratic unconstrained binary optimization* (QUBO) Problems

$$\min_{x \in \{0,1\}^n} \sum_i Q_{ii} x_i + \sum_{i < j} Q_{ij} x_i x_j$$

formulieren lässt. Beide Formulierungen lassen sich mit der Setzung  $x_i = (1 + s_i)/2$  äquivalent ineinander überführen. Das Programmieren eines Quantenannealers beschränkt sich damit auf die Definition der Matrizen  $Q$  bzw.  $J$  und  $h$  und das Einstellen einiger weniger Parameter wie etwa der Annealingzeit  $T$  und des Annealingpfades  $s(t)$ . In der Praxis berechnen Quantenannealer selten eine exakte Lösung des Minimierungsproblems, sondern produzieren wie andere Heuristiken auch eine approximative Lösung. Dies liegt neben den bereits oben beschriebenen Fehlerquellen auch daran, dass praxisrelevante Probleme oft zu groß sind, um in einem Stück gelöst werden zu können, so dass heuristische *Divide-and-Conquer* Lösungsansätze erforderlich werden. Es ist daher sinnvoll Quantenannealer nicht als Löser sondern als *Large-Neighbourhood-Search*-Verfahren zu betrachten.

Der interessierte Leser findet eine weit tiefgehendere Einführung in die Grundlagen des Quantenrechnens in etablierten Fachbüchern [2, 3, 4]. Eine gute Einführung in die Grundlagen des Quantenannealings liefert [5].

Im Folgenden möchte ich zwei aktuelle Forschungsergebnisse beschreiben, welche die beiden Paradigmen des Quantenrechnens verdeutlichen sollen. Ich möchte dabei insbesondere auf die vielen Fallstricke eingehen, die in der Praxis auftreten.

### Leistungsflussanalyse mittels Quantenannealing

Mit der zunehmenden Dezentralisierung der Stromerzeugung mittels Solaranlagen, Windparks und Wasserkraftwerken und aufgrund der zunehmenden Elektrifizierung des Individualverkehrs sowie der Wärmeversorgung wird die Planung, Bereitstellung und Optimierung der Elektrizitätsnetze zunehmend komplexer. Dies betrifft prinzipiell alle Netzebenen, ist aufgrund der Zunahme kleiner – oft privater – Photovoltaikanlagen, welche nutzungs- und wetterabhängig Überschussleistung in die sogenannte „letzte Meile“ einspeisen, jedoch gerade für Betreiber von Niederspannungsnetzen eine stetig größer werdende Herausforderung.

Die Leistungsflussanalyse basiert auf den Kirchhoffschen Gesetzen, welche auch die mathematische Grundlage

unseres Modells bilden. Kurz gesagt sollen in jedem Knoten  $i = 1, \dots, n$  des Stromnetzwerkes die Abweichungen zwischen vorgegebener und tatsächlicher Wirk- und Blindleistung,  $p_i^d - p_i$  bzw.  $q_i^d - q_i$ , minimiert werden, wobei die Werte  $p_i$  und  $q_i$  mit Hilfe der Leistungsflussgleichungen berechnet werden:

$$p_i = \sum_{j=1}^n g_{ij}(\mu_i \mu_j + \omega_i \omega_j) + b_{ij}(\omega_i \mu_j - \mu_i \omega_j)$$

$$q_i = \sum_{j=1}^n g_{ij}(\omega_i \mu_j - \mu_i \omega_j) + b_{ij}(\mu_i \mu_j + \omega_i \omega_j)$$

Hierbei bezeichnen  $g_{ij}$  (Wirkleitwert/Konduktanz) und  $b_{ij}$  (Blindleitwert/Suszeptanz) den Real- bzw. Imaginärteil der Admittanzen (Kehrwert der Impedanz) zwischen den Knoten  $i$  und  $j$ . In der Praxis sind diese als dünnbesetzte Matrizen gegeben, deren Struktur die Topologie des Stromnetzwerkes widerspiegelt. Gesucht sind die Größen  $\mu_i = v_i \cos \delta_i$  und  $\omega_i = v_i \sin \delta_i$ , bei denen  $\delta_i$  die Phase und  $v_i$  die Größe der Spannung im Knoten  $i$  angeben. Es existieren verschiedenste Abwandlungen der obigen Problemstellung, etwa die Vorgabe von Referenzknoten sowie die unvollständige Verfügbarkeit der  $p_i^d$ - bzw.  $q_i^d$ -Werte.

Traditionell wird dieses nichtlineare Gleichungssystem mit Hilfe des Newtonverfahrens unter Zuhilfenahme von Globalisierungstechniken gelöst, wobei gerade bei pathologischen Grenzfällen Konvergenzprobleme beobachtet werden. Dies ist insbesondere für den Betrieb *in-the-loop* ein Problem, da die dynamische Anpassung und Optimierung der Netzwerke ins Stocken geraten. Es wird zudem erwartet, dass mit fortschreitender Individualisierung und Dynamisierung der Stromeinspeisung und -abnahme eben diese pathologischen Grenzfälle immer häufiger auftreten können, was mich und mein Team dazu motiviert hat, nach alternativen Lösungsverfahren zu suchen. Wir haben dabei insbesondere nach Ansätzen gesucht, die sich für einen Dauerbetrieb *in-the-loop* eignen, d.h. kurze Lösungszeiten ermöglichen und sich innerhalb weniger Iterationen auf Datenschwankungen einstellen können.

Unser gegenwärtiger Lösungsansatz basiert auf der Umformulierung des ursprünglichen Problems in ein Minimierungsproblem der Form

mit  $\boldsymbol{\mu} = [\mu_1 \dots \mu_n]$  und  $\boldsymbol{\omega} = [\omega_1 \dots \omega_n]$ . Um dieses Problem mit Hilfe eines Quantenannealers lösen zu können, werden

$$\min_{\boldsymbol{\mu}, \boldsymbol{\omega} \in \mathbb{R}^n} H(\boldsymbol{\mu}, \boldsymbol{\omega}) \quad \text{mit} \quad H(\boldsymbol{\mu}, \boldsymbol{\omega}) = \sum_{i=1}^n (p_i^d - p_i)^2 + (q_i^d - q_i)^2$$

die kontinuierlichen Variablen durch iterationsabhängige Approximationen ersetzt:

$$\mu_i^{(k)} = \mu_i^{(k-1)} + (x_{i,0}^\mu - x_{i,1}^\mu) \Delta \mu_i^{(k-1)}$$

$$\omega_i^{(k)} = \omega_i^{(k-1)} + (x_{i,0}^\omega - x_{i,1}^\omega) \Delta \omega_i^{(k-1)}$$

Ausgehend von den Anfangswerten  $\mu_i^{(0)}$  und  $\omega_i^{(0)}$  bestimmt der Quantenannealer nun eine Konfiguration der binären Entscheidungsvariablen  $x_{i,\{0,1\}}^{\{\mu,\omega\}} \in \{0,1\}$ , welche die diskrete Zielfunktion  $H(\boldsymbol{\mu}^{(1)}, \boldsymbol{\omega}^{(1)})$  minimieren. Anschließend werden die Größen  $\boldsymbol{\mu}^{(1)}$  und  $\boldsymbol{\omega}^{(1)}$  basierend auf der Konfiguration der Entscheidungsvariablen aktualisiert und mit der nächsten Iteration fortgefahren, solange bis  $H(\boldsymbol{\mu}^{(k)}, \boldsymbol{\omega}^{(k)}) < tol$ .

Unter Vernachlässigung der in der Praxis auftretenden Fehlereinflüsse (Qubitflips, Messfehler, etc.) garantiert unser Ansatz ein monotonen Konvergenzverhalten, d.h.

$$H(\boldsymbol{\mu}^{(k)}, \boldsymbol{\omega}^{(k)}) \leq H(\boldsymbol{\mu}^{(k-1)}, \boldsymbol{\omega}^{(k-1)})$$

da  $\mathbf{x}_{i,\{0,1\}}^{\{\mu,\omega\}} \equiv 0$ ,  $i=1, \dots, n$  einen einmal gefundenen Zustand  $\boldsymbol{\mu}^{(k)}$ ,  $\boldsymbol{\omega}^{(k)}$  erhält. Es kann jedoch vorkommen, dass sich unser QUBO-basiertes Lösungsverfahren in einem lokalen Minimum „festfährt“ bzw. zwischen mehreren gleichwertigen Minima hin- und herspringt. Um dies zu verhindern haben wir unser Lösungsverfahren mit einem genetischen Algorithmus kombiniert, d.h. es werden mehrere Populationen  $\boldsymbol{\mu}^{(k)}$ ,  $\boldsymbol{\omega}^{(k)}$  zugleich betrachtet, und vor dem Aktualisieren der Größen  $\boldsymbol{\mu}^{(k)}$  und  $\boldsymbol{\omega}^{(k)}$  werden die Entscheidungsvariablen mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit invertiert. Ferner haben wir eine Heuristik entwickelt, um die Werte  $\Delta\mu_i^{(k)}$  bzw.  $\Delta\omega_i^{(k)}$  individuell pro Knoten  $i$  und abhängig von den Werten der Entscheidungsvariablen  $\mathbf{x}_{i,\{0,1\}}^{\{\mu,\omega\}}$  über die letzten Iterationen hinweg anzupassen. Abbildung 1 zeigt den individuellen Verlauf der Werte  $\Delta\mu_i^{(k)}$  und  $\Delta\omega_i^{(k)}$  (Abbildung 1a und b),  $\mu_i^{(k)}$  und  $\omega_i^{(k)}$  (Abbildung 1c und d), sowie  $MSE [p_i^d - p_i^{(k)}]$  und  $MSE [q_i^d - q_i^{(k)}]$  (Abbildung 1e und f) für ein 14-Bus Netzwerk. Der nichtmonotone Konvergenzverlauf liegt an den oben beschriebenen und absichtlich eingesetzten Heuristiken.

Die Ergebnisse wurden mit Hilfe des Fujitsu Digital Annealers V3 (DAV3) berechnet, welcher kein „echter“ Quantenannealer ist, diesen jedoch auf speziell entwickelter Hardware emuliert. Weitere Ergebnisse sowie eine alternative Ising-Modell Formulierung findet der interessierte Leser in unserem aktuellen Preprint [6]. Der aufmerksame Leser wird bemerkt haben, dass das Zielfunktional  $H(\boldsymbol{\mu}^{(k)}, \boldsymbol{\omega}^{(k)})$  ein Polynom vierten Grades in den binären Entscheidungsvariablen  $\mathbf{x}_{i,\{0,1\}}^{\{\mu,\omega\}}$  ist und damit weder dem Ising-Modell noch der QUBO-Form entspricht. Um letztere zu erreichen, müssen Terme dritter und vierter Ordnung durch Hilfsvariablen ersetzt und die entstehenden Nebenbedingungen der Form  $x_{ij} = x_i x_j$  mittels Lagrangemultiplikatoren der Zielfunktion hinzugefügt werden. Dieser Vorgang lässt sich mit Hilfe des Pythontools PyQUBO<sup>3</sup> oder dem Fujitsu DADK automatisieren, wobei letzteres deutlich weniger Hilfsvariablen generiert und so zu kleineren QUBO-Problemen führt (siehe Tabelle 1).

Bei der praktischen Realisierung des vorgestellten Lösungsansatzes gibt es einige Besonderheiten zu beachten, auf die ich im Folgenden eingehen möchte. Bei der Nutzung „echter“ Quantenannealer wie dem Advantage™ System des kanadischen Unternehmens D-Wave muss die Matrix  $Q$  bzw.  $J$  noch in den sogenannten Hardwaregraphen eingebettet werden. Ein Eintrag  $q_{ij}$  bzw.  $j_{ij}$  kann nämlich nur dann zwischen zwei Qubits  $q_i$  und  $q_j$  realisiert werden, wenn diese im Hardwaregraph durch einen sogenannten *Coupler*, einer physischen Verbindung, miteinander verbunden sind. Die Einbettung eines Graphen in einen anderen ist an sich bereits ein NP-hartes Problem, welches hier mit heuristischen Verfahren gelöst wird. Allerdings kommt es in der Praxis bei größeren QUBO-Matrizen häufiger vor,

dass diese nicht eingebettet werden können. Tabelle 1 zeigt für verschiedene Netzwerkkonfigurationen die Anzahl der Variablen (nach Generierung der Hilfsvariablen) und ob das QUBO-Problem erfolgreich gelöst werden konnte. Ein „X“ gibt hierbei an, dass das QUBO-Problem nicht auf die ca. 5000 Qubits des Advantage™ Systems und dessen Hardwaregraph abgebildet werden konnte. Bei der praktischen Implementierung gibt es nämlich noch ein weiteres Hindernis. Reicht die Anzahl der *Coupler* pro Qubit nicht aus, um den Problemgraphen in den Hardwaregraphen einzubetten (Graphentheoretiker würden sagen, der Knotengrad des Problemgraphen übersteigt den des Hardwaregraphen), so muss eine binäre Entscheidungsvariable in eine Qubitkette aufgespalten werden, und alle Qubits dieser Kette müssen durch Lagrangemultiplikatoren auf denselben Wert „gezwungen“ werden. Wie man sieht, ist nach der eigentlichen Herleitung der QUBO-Formulierung bzw. des Ising Modells noch einiges an „Engineering“ erforderlich, um ein Problem in der Praxis erfolgreich zu lösen. Dies wird meiner Ansicht nach auch in Zukunft so bleiben. Selbst wenn zukünftige Quantenannealer in Zukunft über deutlich mehr Qubits verfügen werden und deren Qualität verbessert wird, die Physik wird weiterhin Grenzen setzen. Meiner Meinung nach macht aber gerade dies den Reiz aus. Grafikkarten effizient(!) zu programmieren ist schließlich auch nicht trivial.

Aktuell arbeite ich mit meinem Team an problemangepassten Heuristiken zur effizienteren Substitution der Terme dritter und vierter Ordnung sowie an geeigneten *Divide-and-Conquer*-Ansätzen, um trotz der gegenwärtigen (und auf absehbare Zeit bleibenden) Hardwareeinschränkungen praxisrelevante Problemgrößen angehen zu können. Insbesondere die sehr kurzen Berechnungszeiten – typische Annealingzeiten liegen im Bereich weniger Nano- bis Mikrosekunden – lassen den Einsatz von Quantenannealern zur Leistungsflussberechnung *in-the-loop* sinnvoll erscheinen.

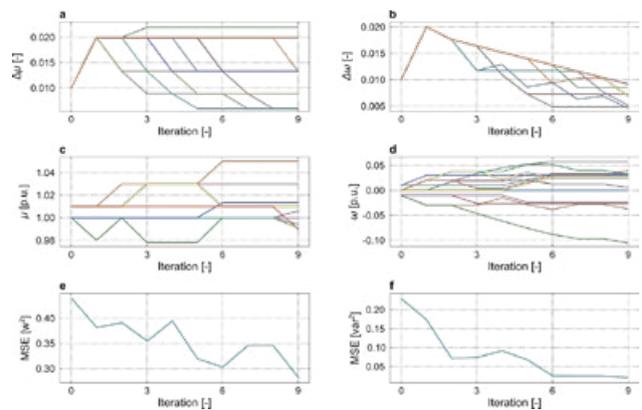


Abb. 1: Leistungsflussanalyse mittels Quantenannealing: Iterationsverlauf der Werte  $\Delta\mu_i^{(k)}$  und  $\Delta\omega_i^{(k)}$  (Abbildung 1a und b),  $\mu_i^{(k)}$  und  $\omega_i^{(k)}$  (Abbildung 1c und d), sowie  $MSE [p_i^d - p_i^{(k)}]$  und  $MSE [q_i^d - q_i^{(k)}]$  (Abbildung 1e und f) für ein 14-Bus Netzwerk.

<sup>3</sup> <https://pyqubo.readthedocs.io/en/latest/>

Testsystem	PyQUBO	D-Wave QPU	DADK	DAv3
4-bus	136	✓	104	✓
5-bus	210	✓	134	✓
6-bus	300	✓	250	✓
9-bus	666	✓	249	✓
14-bus	1596	X	494	✓
15-bus	1830	X	448	✓

Tabelle 1: Leistungsflussanalyse mittels Quantenannealing: Anzahl binärer Entscheidungsvariablen in Abhängigkeit von der Busanzahl und der verwendeten Programmierumgebung. Ein „X“ in der dritten Spalte gibt an, dass die QUBO-Matrix nicht in den Hardwaregraphen des Advantage™ Systems eingebettet werden kann.

### Strömungssimulation mit Quantenrechnern

Ich möchte noch ein weiteres aktuelles Forschungsprojekt meiner Gruppe vorstellen, welches sich mit der Entwicklung von Quantenalgorithmien zur Durchführung von Strömungssimulationen auf gatterbasierten Quantenrechnern befasst. Unser Fokus liegt hierbei auf zukünftigen Quantenrechnern mit 50-100 „logischen“ Qubits, d.h. Qubits welche sich unter Zuhilfenahme von Quantenfehlerkorrekturtechniken nahezu „perfekt“ verhalten und komplexe Quantenschaltkreise mit hunderttausenden von einzelnen Quantengattern mit hinreichender Genauigkeit ausführen können.

Motiviert wird unsere Forschung durch das theoretische Potential von Quantenrechnern, den Speicherbedarf und idealerweise auch die Rechenkomplexität gitterbasierter Simulationsverfahren exponentiell zu reduzieren.

Unabhängig vom konkreten Verfahren benötigen gitterbasierte Verfahren  $O(N^d)$  Speicherplatz, um etwa die Lösungsvariablen auf einem  $d$ -dimensionalen Gitter zu speichern. Selbst unter idealen Bedingungen müssen alle Gitterpositionen zumindest einmal pro Zeitschritt bearbeitet werden, so dass sich eine ebensolche Rechenkomplexität ergibt. Mittels Superposition gelingt es (zumindest in der Theorie) eben diese Menge an Informationen in den Amplituden eines  $d \cdot \log_2 N$  langen Quantenregisters zu kodieren. Zur Verdeutlichung: ein Gitter der Dimension  $1.024^3$  ließe sich mit 30 Qubits darstellen. 90 Qubits würden theoretisch ausreichen, um ein 3D Gitter mit  $10^9$  Gitterpunkten pro Richtung zu repräsentieren.

Das Ziel unserer Forschung besteht darin, Quantenalgorithmien in Form von Gattersequenzen zu entwickeln, welche direkt und (komplexitätstheoretisch beweisbar) effizient auf fehlertoleranten Quantenrechnern ausgeführt werden können. Unser Bottom-up-Ansatz unterscheidet sich darin von alternativen Top-down-Ansätzen, bei denen der Quantenalgorithmus als globaler unitärer Operator

bzw. dessen Darstellung als globale Matrix der Dimension  $2^n \times 2^n - n$  gibt hierbei die Anzahl der Qubits an – gegeben wird. Diese Vorgehensweise ist häufig einfacher, jedoch ist die Zerlegung einer globalen Matrix in die von Quantenrechnern unterstützten Ein- und Zweiqubit-Quantengatter nicht trivial, sehr rechenintensiv und kann unter Umständen zu exponentiell langen Quantengattersequenzen führen, wodurch ein möglicher Quantenvorteil zunichte gemacht würde. Des weiteren ist diese Vorgehensweise ab einer gewissen Qubitanzahl nicht mehr praktisch durchführbar. Und gerade für diese Szenarien sehen wir den großen Vorteil zukünftiger Quantenrechner, nicht für Problemstellungen, die auch heute schon auf einem klassischen HPC-System effizient gelöst werden können. Ausgangspunkt unseres Quanten-CFD-Lösers ist die Boltzmann-Gleichung

$$\left(\frac{\partial}{\partial t} + \mathbf{v} \cdot \nabla_{\mathbf{x}} + \frac{\mathbf{F}}{m} \cdot \nabla_{\mathbf{v}}\right) f(\mathbf{x}, \mathbf{v}, t) = \Omega(t)$$

bei der  $f(\mathbf{x}, \mathbf{v}, t)$  die Verteilungsdichte im sechsdimensionalen Phasenraum darstellt. Der zweite Term  $\mathbf{v} \cdot \nabla_{\mathbf{x}}$  wird als Transportterm bezeichnet,  $\frac{\mathbf{F}}{m} \cdot \nabla_{\mathbf{v}}$  ist der sogenannte Feldterm und  $\Omega(t)$  repräsentiert den nichtlinearen Kollisionsterm. Ich möchte hier nicht weiter auf die einzelnen Terme eingehen, da wir aktuell eine stark vereinfachte Form der Boltzmann-Gleichung lösen – die kollisionsfreie Transportgleichung unter Vernachlässigung des Feldterms. Dies mag dem CFD-versierten Leser als zu starke Vereinfachung vorkommen. Ich stimme dem zu. Allerdings erfordert bereits diese Gleichung einige Kniffe, um einen effizienten und gleichzeitig implementierbaren Quantenalgorithmus herzuleiten, und hilft dabei einige grundsätzliche Konzepte zu verdeutlichen.

Die Boltzmann-Gleichung ist ein mesoskopisches Modell, welches die statistische Verteilung von Teilchen in einem Medium angibt. Makroskopische Größen wie Dichte, Impuls und Energie lassen sich mittels Integration über den Geschwindigkeitsraum berechnen, was hier jedoch nicht weiter ausgeführt werden soll.

Im ersten Schritt in Richtung eines implementierbaren Quantenalgorithmus wird der Geschwindigkeitsraum diskretisiert, wobei wir hier dem Vorgehen der klassischen Lattice-Boltzmann-Methode (LBM) folgen, d.h.  $\mathbf{v}$  kann lediglich diskrete Geschwindigkeiten entlang einer fixen Gitterstruktur annehmen. Üblich sind hierbei in zwei Raumdimensionen die Konfigurationen D2Q4 bzw. D2Q5 (Transport entlang der vier Achsenrichtungen ohne bzw. mit  $\mathbf{v}=\mathbf{0}$ ), D2Q8 bzw. D2Q9 (wie zuvor jedoch mit zusätzlichen Transportrichtungen entlang der Diagonalen). Dieser Ansatz lässt sich kanonisch auf drei Raumdimensionen verallgemeinern, so dass wir von nun an von der Konfiguration  $DdQq$  ausgehen, für die ein System von Transportgleichungen im  $(\mathbf{x}, t)$ -Raum für die  $q$  Komponenten der diskretisierten Verteilungsdichte  $f_i(\mathbf{x}, t) = f(\mathbf{x}, \mathbf{v}_i, t)$  gelöst werden muss. Hier folgen wir ebenfalls dem klassischen LBM-Vorgehen und unterteilen einen jeden Zeitschritt in die drei Phasen Kollisionsschritt (*collision*), Strömungsschritt (*streaming*) und Implementierung der Randbedingungen. Bei unserem

vereinfachten Modell entfällt natürlich der erste Schritt. Vor der Herleitung der Quantenschaltkreise für die zwei verbleibenden Schritte steht die Frage, wie die volldiskretisierten Verteilungsdichten  $f_i(x_j, t^k)$  effizient im Quantenregister kodiert werden soll. In unserer Publikation [7] sowie dem aktuellen Preprint [8] benutzen wir hierzu die Amplituden, d.h. zum Zeitpunkt  $t^k$  werden alle Verteilungsfunktionen in allen Gitterpunkten in  $4d - 2 + d(n_g + n_v)$  Qubits gespeichert, wobei  $n_g = \log_2 N$  und  $n_v$  den Logarithmus der Anzahl der diskreten Geschwindigkeiten pro Raumrichtung bezeichnen:

Die ersten  $4d - 2$  Qubits sind sogenannten Hilfsqubits

$$|\psi^k\rangle = \sum_{\ell=0}^{2^{4d-2+d(n_g+n_v)}-1} \gamma_\ell |a_{4d-2} \dots a_1 x_{n_g} \dots x_1 y_{n_g} \dots y_1 z_{n_g} \dots z_1 u_{n_v} \dots u_1 v_{n_v} \dots v_1 w_{n_v} \dots w_1\rangle$$

(*ancillae*), deren Funktion weiter unten näher beschrieben wird. Als konkretes Beispiel betrachten wir ein 2D Gitter mit  $2^4=16$  Gitterpunkten pro Richtung und D2Q9 Konfiguration, welches sich mit 18 Qubits vollständig repräsentieren lässt. Abbildung 2 illustriert die Kodierung der diskreten Geschwindigkeiten für einen einzelnen Gitterpunkt  $(x, y)$ . Diese ist so konstruiert, dass Richtungsänderungen wie beispielsweise die vollständige oder teilweise Umkehrung der Geschwindigkeitsrichtung an Gebietsrändern effizient durch Invertierung einzelner Qubits durchführbar ist. Die amplitudenbasierte Kodierung bedeutet,

dass  $\gamma_\ell \sim f_i(x_j, t^k)$  [7] bzw.  $\gamma_\ell \sim \sqrt{f_i(x_j, t^k)}$  [8]. In unserem konkreten Beispiel repräsentiert  $\gamma_{*0001.0110.00.00}$  den Wert der volldiskretisierten Verteilungsdichte  $f_{0,0}(x = 1, y = 6, t^k)$  (bzw. dessen Quadratwurzel), d.h. die relative Anzahl aller Partikel im Gitterpunkt  $(x,y)=(1,6)$ , die sich nicht bewegen. Hier und im Folgenden umfasst „\*“ alle möglichen Hilfsqubits. Ferner gilt  $\gamma_{*0001.0110.11.01} \sim f_{3,1}(x = 1, y = 6, t^k)$ , d.h. die relative Anzahl aller Partikel im selben Gitterpunkt die sich „nach links oben“ bewegen.

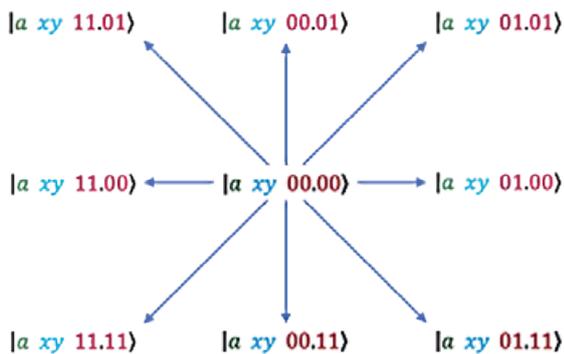


Abb. 2: Kodierung der diskreten Geschwindigkeiten der D2Q9 Konfiguration.

Im Folgenden möchte ich die Grundidee unseres Quantenschaltkreises für den Strömungsschritt skizzieren. Der interessierte Leser findet sämtliche Details inklusive einer Komplexitätstheoretischen Analyse in der Publikation [7]. Vereinfacht gesagt bleibt  $f_{0,0}(x = 1, y = 6, t^k)$ , auch im nächsten Zeitschritt  $t^{k+1}$  unverändert, wohingegen

$f_{3,1}(x = 1, y = 6, t^k)$  „nach links oben“, d.h. in den Gitterpunkt  $(x, y) = (0,7)$  transportiert wird. Ich gehe hier der Einfachheit davon aus, dass Zeitschrittweite, Geschwindigkeit und Gitterweite so gewählt sind, dass alle Partikel ihre nächste Position in einem Gitterpunkt im aktuellen Zeitschritt erreichen. Ist dies nicht der Fall, so benutzen wir wie in der klassischen LBM einen sogenannten CFL-Zähler, der das Update erst nach einer entsprechenden Anzahl an Teilzeitschritten durchführt. Gäbe es beispielsweise diskrete Geschwindigkeiten mit Betrag  $\frac{1}{2}$  und 1, so würden die volldiskretisierten Verteilungsdichten für erstere nur jeden zweiten (Teil-)zeitschritt aktualisiert. Wichtig ist lediglich, dass die diskreten Geschwindigkeiten so gewählt sind, dass alle Verteilungsdichten nach einer endlichen Anzahl an (Teil-)zeitschritten einen Gitterpunkt erreichen können. Bei gängigen *DdQq*-Konfigurationen ist dies der Fall.

Der diskrete Transport der Verteilungsdichten entlang der Gitterkanten lässt sich sehr effizient mit Hilfe einer Abwandlung des Draperschen Quantum-Additionsalgorithmus implementieren. Ursprünglich handelt es sich bei diesem Algorithmus um einen *in-situ* Quantenaddierer für Ganzzahlen, der ohne die bei klassischen (Bit-)Addierern erforderlichen Hilfsbits zur Speicherung und Weiterverarbeitung möglicher Überträge auskommt. Betrachten wir als Beispiel die Additionsaufgabe „2+3=5“. Die beiden Ausgangszahlen werden zunächst in zwei separaten Quantenregistern,  $|a\rangle=|010\rangle$  und  $|b\rangle=|011\rangle$ , binärkodiert. Nach Abschluss des Algorithmus bleibt eines der beiden Register unverändert, während das zweite Register das Ergebnis der Addition speichert, z.B.  $|a\rangle=|010\rangle$  und  $|a+b\rangle=|10\rangle=|5\rangle$ . Dies ist unumgänglich, da Quantenschaltkreise unitär und damit reversibel sein müssen. Würde man nur das Ergebnis speichern, so ließe sich der Ausgangszustand nicht mehr wiederherstellen und der Algorithmus wäre irreversibel. Die Besonderheit beim Draperschen Addierer besteht darin, dass eines der beiden Register (in unserem Fall  $|b\rangle$ ) mit Hilfe der Quanten-Fouriertransformation (QFT) in den Phasenraum transformiert wird<sup>4</sup>. Die eigentliche Addition lässt sich dann als Sequenz von auf den einzelnen Qubits des  $|a\rangle$ -Registers kontrollierten Rotationen des  $|b\rangle$ -Registers realisieren. Das daraus resultierende  $|a+b\rangle$ -Register wird anschließend mittels inverser QFT wieder zurücktransformiert. Durch Umkehrung der Rotationswinkel lässt sich mit selbigem Algorithmus  $|b-a\rangle$  (wie auch schon bei der Addition modulo  $2^n$ ) berechnen.

Wir haben den Draperschen Algorithmus dahingehend abgeändert, dass auch die Amplitude  $\gamma_\ell$  bei der Addition/Subtraktion „mitgenommen“ wird. Ferner werden die diskreten Verteilungsdichten maximal um eine Gitterweite pro Richtung transportiert, so dass  $a \in \{\pm 1\}$ , wodurch sich der Algorithmus stark vereinfacht. Der Quantenvorteil ergibt

<sup>4</sup> Die Quanten-Fouriertransformation (QFT) und deren Inverse (iQFT) sind bei Quantenalgorithmen häufig genutzte Bausteine. Im Gegensatz zur klassischen diskreten Fouriertransformation, welche selbst bei optimaler Implementierung (Fast-Fourier-Transform) eine Komplexität von  $O(N \log N)$  besitzt, benötigt die QFT lediglich  $O(n^2)$  Quantengatter. Aufgrund der Setzung  $N = 2^n$  ergibt sich daraus eine deutliche Komplexitätstheoretische Beschleunigung.

sich daraus, dass alle Gitterpunkte gleichzeitig aktualisiert werden, so dass lediglich über die Anzahl der diskreten Geschwindigkeiten iteriert werden muss. Ich verzichte hier auf die Darstellung der zugehörigen Quantenschaltkreise, da diese bereits für die D1Q3 Konfiguration sehr komplex sind und möchte den interessierten Leser auf unsere Publikation [7] verweisen.

Die Implementierung der Randbedingungen (*specular reflection* und *bounce-back*) basiert auf demselben Prinzip. Abbildung 3a zeigt zwei mögliche Fälle für die D2Q9 Konfiguration. Bei der *specular reflection* Randbedingung wird der Geschwindigkeitsvektor an der Wand in Normalenrichtung reflektiert, wohingegen bei der *bounce-back* Randbedingung alle Komponenten des Geschwindigkeitsvektors umgekehrt werden. Aufgrund der in Abbildung 2 dargestellten Kodierung der diskreten Geschwindigkeiten, lässt sich dies durch wenige Qubitflips realisieren, sobald detektiert wurde, dass Partikel „durch die Wand“ in die erste Elementschicht innerhalb des Hindernisses geströmt sind. Neben dem Anpassen der Geschwindigkeitsrichtung muss auch die Position der Partikel wie in Abbildung 3b dargestellt korrigiert werden. Da bei beiden Randbedingungen der zurückgelegte Weg maximal eine Gitterweite beträgt, wird hierzu wiederum der abgewandelte Drapersche Algorithmus eingesetzt. Die Hilfsqubits werden hier wie auch schon im Strömungsschritt eingesetzt, um die Komplexität der Quantenschaltkreise zu reduzieren. Beispielsweise reicht es aus, die Position der linken Wand einmalig zu bestimmen und diese Information sowohl für *specular reflection* wie auch *bounce-back* Randbedingungen zu nutzen.

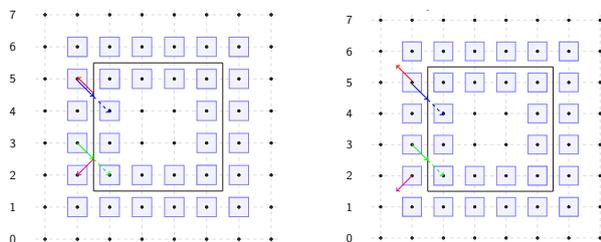


Abb. 3: *Specular reflection* und *bounce-back* Randbedingungen für die D2Q9 Konfiguration zu Beginn (links) und am Ende des Zeitschritts (rechts).

An dieser Stelle sei angemerkt, dass die Quantenschaltkreise für den Transportschritt und die Randbehandlung nicht nur von der Anzahl der Gitterpunkte und der *DdQq* Konfiguration abhängen, sondern auch von der Position und den Ausmaßen der Hindernisse. Für das in Abbildung 3 dargestellte Beispiel müssen etwa für die vier Wände sowie die vier Ecken speziell angepasste Quantenschaltkreise generiert werden. Wir haben hierzu ein auf Qiskit [10] aufsetzendes Softwareframework entwickelt, welches ausgehend von einer Konfigurationsdatei vollautomatisch hochoptimierte Quantenschaltkreise generiert und auf gängigen Quantenrechneremulatoren ausführt. Dank unseres Projektpartners, Fujitsu Limited, können wir Quantenschaltkreise mit bis zu 39 Qubits auf einem A64FX-basierten Clustersystem und dem verteilten Quantenrechneremulator mpiQulacs [11]

ausführen. Des weiteren eignet sich unser Framework zur Bedarfsanalyse, d.h. wir können für eine konkrete Konfiguration die Anzahl der benötigten Qubits und Quantengatter direkt berechnen und daraus die zu erwartende Rechenzeit extrapolieren.

Abbildung 4 zeigt einen exemplarischen Strömungsverlauf, der mit Hilfe unserer Quantenschaltkreise auf einem Quantenrechneremulator generiert wurde. Hierbei wurden an allen vier Wänden des Hindernisses *specular reflection* und an den Gebietsrändern periodische Randbedingungen vorgeschrieben. Aufgrund unseres Bottom-up-Ansatzes lässt sich der komplette Algorithmus (zumindest theoretisch) auf einem echten Quantenrechner ausführen inklusive der Aufprägung der Initiallösung. Dies gelingt sogar komplexitätstheoretisch beweisbar effizient (siehe [7] für weitere Details). Lediglich das Auslesen des kompletten Strömungsfeldes wie in Abbildung 4 dargestellt kann nicht effizient erfolgen, da hierzu die Dichteverteilungen für jeden Gitterpunkt einzeln erfolgen muss. Aufgrund unserer exponentiell effizienten Kodierung der Informationen in den Amplituden des Quantenzustandes, sind hierzu exponentiell viele Messungen notwendig, was jedweden Quantenvorteil zunichte machen würde. In unserem aktuellen Preprint [8] haben wir daher ein Messprotokoll entwickelt, mit dessen Hilfe die auf ein Hindernis einwirkenden Kräfte effizient berechnet werden können. Gegenwärtig erweitern wir dieses Messprotokoll dahingehend, dass wir direkt die Drag- und Liftkoeffizienten berechnen können, um unseren Quanten-LBM-Löser ein kleines Stückchen mehr in Richtung praktischer Anwendungen vorzubereiten.

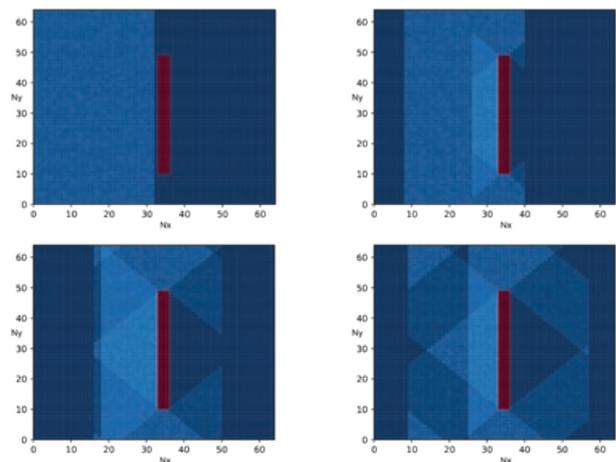


Abb. 4: Simulation des Strömungsverlaufs um ein rechteckiges Hindernis (roter Block in der Mitte) berechnet mit der D2Q9 Konfiguration auf einem  $N_x \times N_y = 64 \times 64$  Gitter nach 0, 8, 18 und 25 Zeitschritten. Ein hellerer Blau-ton entspricht einer höheren relativen Partikeldichte  $\rho(\mathbf{x}, t) = \sum_i f_i(\mathbf{x}, t)$ .

Das größte Problem stellt dabei erwartungsgemäß der Kollisionsterm dar. Ohne auf die technischen Einzelheiten einzugehen, die in [9] ausführlich beschrieben sind, ist das Grundproblem die Reversibilität (bzw. genauer gesagt die Unitarität) des Algorithmus. Es ist uns gelungen nachzuweisen, dass die obige amplitudenbasierte Kodierung die Implementierung des Kollisionsschrittes als unitären Quan-

tenoperator nicht zulässt. Ebenso konnten wir zeigen, dass eine andere gängige Kodierung wohl den Kollisionsschritt ermöglicht, jedoch einen unitären Quantenoperator für den Strömungsschritt unmöglich macht. Als „Ausweg“ haben wir eine spezielle Raum-Zeit-Kodierung entwickelt [9], mit deren Hilfe sich beide Schritte als unitäre Quantenoperatoren realisieren lassen. Der Nachteil dieser Kodierung ist jedoch, dass der Qubitbedarf mit der Anzahl der Zeitschritte skaliert, so dass Langzeitsimulationen zunehmend ineffizient werden.

## Zusammenfassung

Wie eingangs geschrieben sind es spannende Zeiten für das wissenschaftliche Rechnen. In den kommenden Jahren werden sich die für das Quantenrechnen erforderlichen Technologien zunehmend weiterentwickeln und praktisch nutzbare fehlertolerante Quantenrechner hervorbringen. Wann genau es soweit sein wird und welche (Qubit-)Technologien sich letztendlich durchsetzen werden, ist schwierig vorherzusagen. Allerdings ist auch die Entwicklung praktisch nutzbarer und sinnvoller Quantenalgorithmien hochgradig nicht trivial und erfordert Zeit und die aktive Mitarbeit unserer Community. Das simple „Übertragen“ klassischer Konzepte des wissenschaftlichen Rechnens auf Quantenrechner ist wenig erfolgsversprechend, insbesondere wenn man an effizienten Quantenalgorithmien interessiert ist, und häufig nicht möglich. Allein die Notwendigkeit, Algorithmen für gatterbasierte Quantenrechner als unitäre Operatoren darstellen zu können, erfordert ein grundsätzliches Umdenken. Weiter existieren sogenannte no-go Theoreme wie etwa das no-cloning Theorem, welches kategorisch ausschließt, dass Quanteninformationen kopiert werden. Dies bedeutet beispielsweise, dass klassische Gebietszerlegungsverfahren nicht unmittelbar auf Quantenrechner übertragbar sind. Ich möchte diesen Beitrag mit dem Aufruf an die Community abschließen, sich für das wissenschaftliche Quantenrechnen zu interessieren und aktiv und gemeinschaftlich zu dessen Entwicklung beizutragen.

## Danksagung

Ich möchte mich an dieser Stelle zuallererst bei meinem Team und unseren Projektpartnern bedanken, die diese Forschung ermöglichen. Die wesentlichen Arbeiten im Strömungslöserprojekt wurden und werden von Frau Merel Schalkers und Herrn Calin

Georgescu durchgeführt. Das Forschungsprojekt wird von Fujitsu Limited finanziert mit weiterer Unterstützung durch die niederländische RVO (PPS23-3-03596728). Mein Dank geht insbesondere an Dr. Shintaro Sato, Dr. Shinji Kikuchi, Herrn Masaya Kibune und das Fujitsu Research Team. Die Arbeiten an der Leistungsflussanalyse mittels Quantenannealing wurden und werden von Frau Zeynab Kaseb durchgeführt (NWO/NSFC-finanziertes DATALESs Projekt). Mein Dank gilt insbesondere Dr. Markus Kirsch (Fujitsu Technology Solutions GmbH), Fujitsu Netherlands für den Zugang zur Digital Annealer Technologie und dem Jülich Supercomputing Center für den Zugang zum D-Wave Advantage™ System JUPSI.

## Literatur

- [1] John Preskill. Quantum Computing in the NISQ era and beyond. *Quantum*, 2(79). DOI: 10.22331/q-2018-08-06-79.
- [2] Isaac L. Chuang Michael A. Nielsen. *Quantum Computation and Quantum Information: 10th Anniversary Edition*. Cambridge: Cambridge University Press, 2010.
- [3] David Mermin. *Quantum Computer Science: An Introduction*. Cambridge: Cambridge University Press, September 2007.
- [4] David McMahon. *Quantum Computing Explained*. Wiley-IEEE Computer Society Press, January 2008.
- [5] Catherine C. McGeoch. *Adiabatic Quantum Computation and Quantum Annealing*. Springer International Publishing, August 2014.
- [6] Zeynab Kaseb, Matthias Möller, Pedro P. Vergara, Peter Palensky. *Adiabatic Quantum Power Flow*, May 2024, PREPRINT (Version 1). DOI: 10.21203/rs.3.rs-4368636/v1. Erscheint in *Nature Scientific Reports*.
- [7] Merel A. Schalkers and Matthias Möller. Efficient and fail-safe quantum algorithm for the transport equation. *Journal of Computational Physics*, 502:112816, April 2024. DOI: 10.1016/j.jcp.2024.112816
- [8] Merel A. Schalkers und Matthias Möller. Momentum exchange method for quantum Boltzmann methods. arXiv: 2404.17618
- [9] Merel A. Schalkers und Matthias Möller. On the importance of data encoding in quantum Boltzmann methods. *Quantum Information Processing*, 23(1), January 2024. DOI: 10.1007/s11128-023-04216-6
- [10] Javadi-Abhari et al. Quantum computing with Qiskit. arXiv: 2405.08810
- [11] Akihiro Tabuchi et al. mpiQulacs: A Scalable Distributed Quantum Computer Simulator for ARM-based Clusters. 2023 IEEE International Conference on Quantum Computing and Engineering (QCE), Bellevue, WA, USA, 2023 pp. 959-969. DOI: 10.1109/QCE57702.2023.00110
- [12] T. G. Draper, Addition on a Quantum Computer, 2000. arXiv:quant-ph/0008033



**Dr. rer. nat. Matthias Möller** ist Associate Professor an der Technischen Universität Delft in den Niederlanden. Seine Forschung innerhalb des Instituts für angewandte Mathematik, Abteilung Numerische Analyse umfasst die Entwicklung von Quantenalgorithmien für Problemstellungen aus dem wissenschaftlichen Rechnen sowie mit der Entwicklung von numerischen Methoden für „klassische“ Rechnerarchitekturen. Sein Interesse gilt bei letzteren insbesondere der Kombination von numerischen Verfahren, insbesondere aus dem Bereich der isogeometrischen Analyse, mit Methoden des maschinellen Lernens.

# FRICTION-BASED SOLID-STATE PROCESSING: APPLICATION OF DIFFERENT NUMERICAL SCHEMES FOR PROCESS SIMULATIONS

BY RUPESH CHAFLE & BENJAMIN KLUSEMANN

## Introduction

The overall goal to reduce CO<sub>2</sub> emission requires the application of lightweight design and alloys in a sustainable manner in the mobility sector. To achieve this, materials that combine low density, high strength, good workability, high corrosion resistance, etc. are required. Aluminium, magnesium and steel are prominent examples in lightweight design. Combinations of these alloys, i.e. hybrid structures, are highly demanded; however, for some material combinations, it is difficult or even impossible to achieve a weld with conventional fusion-based approach due to the significant differences in physical properties [1].

Friction-based processing techniques, such as friction stir welding/processing, refill friction stir spot welding, friction surfacing or friction extrusion, have been proven to be suitable candidates for processing most metallic materials, which can be plasticized, as well as various alloy combinations [2]. The materials are processed at temperatures below the respective melting temperatures, avoiding problems that result from solidification [3]. The heat is induced via friction and plastic deformation, which requires less energy compared to fusion-based techniques. Further advantages include a reduced thermal distortion, decreased heterogeneity, improved mechanical properties, and enhanced metallurgical bonding. The improved properties are attributed to phenomena like dynamic recrystallization that the stirred material undergoes, resulting in fine-grained microstructures in the joining/processing zones, which are typically considered as beneficial [4]. These processes involve severe plastic deformation at elevated temperatures, resulting from complex contact conditions between the (non-consumable) tool and workpiece, which make the studying of these processes from an experimental perspective inherently challenging. Further challenges include the asymmetric material flow, varying friction conditions, different material properties across the different microstructural zones, etc. [5, 6]. Therefore, numerical approaches are essential to understand the physical phenomena and exploit the potential of these processes and to address challenges related to process control, quality assurance, and performance prediction.

Next to the complex thermo-mechanical processing conditions, one additional complexity in modelling solid-state joining/processing techniques constitutes in the different length and time scales involved, e.g. ranging from nanometres for precipitates via micrometres for grain sizes to centimetres or even metres for residual stresses and distortions of processed parts. In terms of process modelling,

macroscopic models are typically chosen to predict temperature, material flow, residual stresses, or distortions. A number of different numerical strategies are applied, such as the finite element method (FEM) [6-8], computational fluid dynamics (CFD) [10] and meshless methods [11, 12]. Approaches based on the FEM are widely used for detailed thermal and mechanical analysis, modelling the material responses to external forces, temperature changes, and other physical effects. FEM is capable to simulate the heat generation and dissipation, predicting temperature distribution, residual stresses, and potential distortions in the processed parts [8]. In contrast, CFD is an effective tool for simulating material flow, modelling tool-workpiece interactions and providing insights into material displacement and heat generation mechanisms [10]. In this regard, the Coupled Eulerian-Lagrangian (CEL) method combines Eulerian and Lagrangian approaches, effectively simulating large deformations and complex material flows, particularly in modelling the interaction between the rotating tool and workpiece [13]. Similarly, meshless methods are useful in dealing with severe plastic deformation and are also effectively used in studying the material flow and tool-workpiece interaction [11]. This article intends to provide a brief insight into process simulation strategies for friction-based solid-state materials processing methods for different purposes, such as temperature distribution, thermo-mechanical response or material flow, where illustration is performed on individual case studies. For a more comprehensive overview, the interested reader is referred to several review articles [14-16].

## Predicting the temperature distribution in Friction Surfacing

Friction surfacing (FS) is a solid-state coating and additive manufacturing technology employed to deposit metallic shear layers, see Fig 1(a). The resulting layers exhibit minimal dilution and high metallurgical bonding [20]. The FS process consists of a plasticizing phase, where a rotating metallic consumable rod is pressed downward onto the substrate surface subject to a defined axial force. The tip of the rod deforms and plasticizes. This is followed by a deposition phase, where the substrate or rotating rod travels laterally, generating frictional heat and plastic deformation, resulting in the deposition of the consumable material as a shear layer. The deposition quality, properties, as well as the geometry of the layer were found to depend on the process temperature. Therefore, to predict the deposition geometry, it can be sufficient to predict only the tempera-

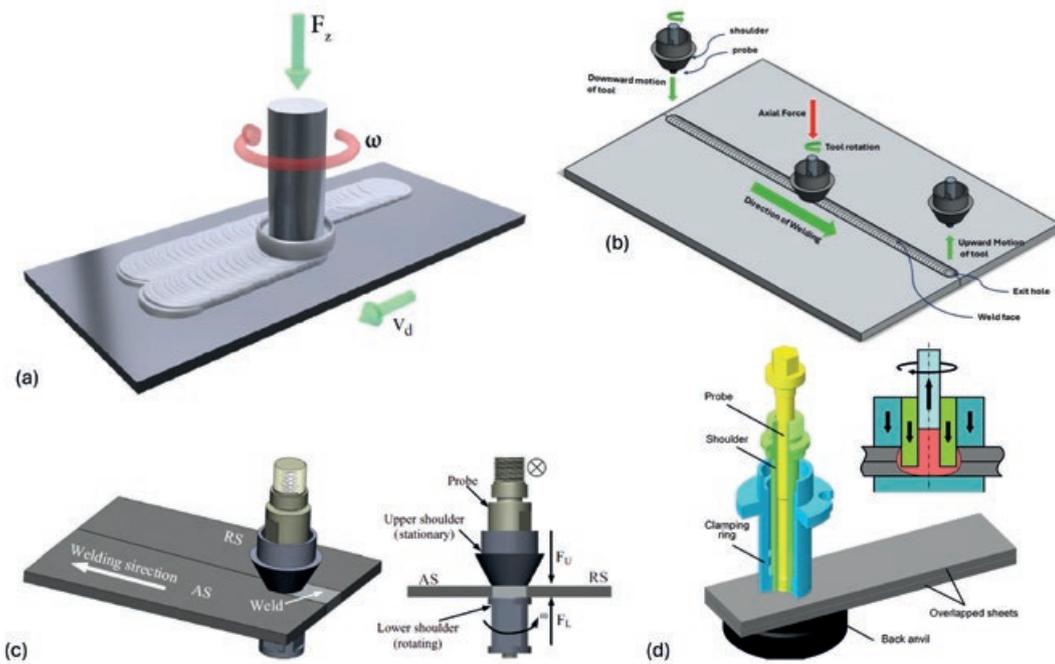


Fig. 1: Schematic overview about different friction-based processes: a) Friction Surfacing [17]; b) Friction Stir Welding; c) Bobbin-tool Friction Stir Welding [18]; d) Refill Friction Stir Spot Welding [19].

ture field of such processes, neglecting more complex phenomena related to the deposition of the material, etc. In this regard, this represents a simple modelling approach, where FEM can be employed. In this case, only the heat equation with appropriate boundary conditions needs to be solved. Here, the crucial ingredient is the heat source, accounting for different contributions to the heat input: frictional heat due to (i) rotational movement, (ii) translational movement between (consumable) tool and substrate and (iii) heat due to plastic deformation of the material. Since not the full rod is in contact with the substrate material during FS, see Fig. 1(a), it was proposed [21] to split the heat source into three spatial regions, related to the radius of the assumed real contact plane  $r_c$ , the radius of the bonding  $r_b$  and the radius of the resulting flash material  $r_a$ , Fig. 2(a). The applied heat source model led to very good agreement for the spatio-

temporal temperature fields during FS with experimental measurements for an aluminium alloy for a large variety of process parameters, see example in Fig. 2(b).

### Predicting residual stresses after friction stir welding

Friction stir welding (FSW) is a solid-state joining technique, where a non-consumable rotating tool penetrates the materials to be joined, Fig. 1 (b). Different joint configurations are possible, such as butt joint, overlap joint or T-joint. The process can be divided into three stages: plunging, dwelling, and welding. During the plunging stage, a non-consumable rotating tool penetrates in case of a butt joint the abutting edges of the workpiece, generating frictional heat and plastic deformation. In the

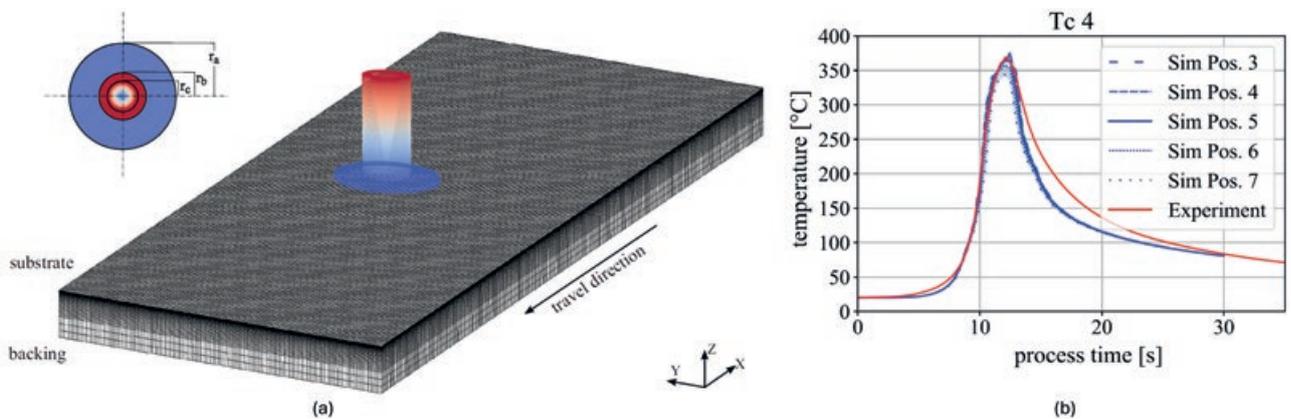


Fig. 2: FS simulation showing (a) schematic of thermal model; (b) time-temperature curves at different positions within the model, compared to experimental measurements; adapted from [21].

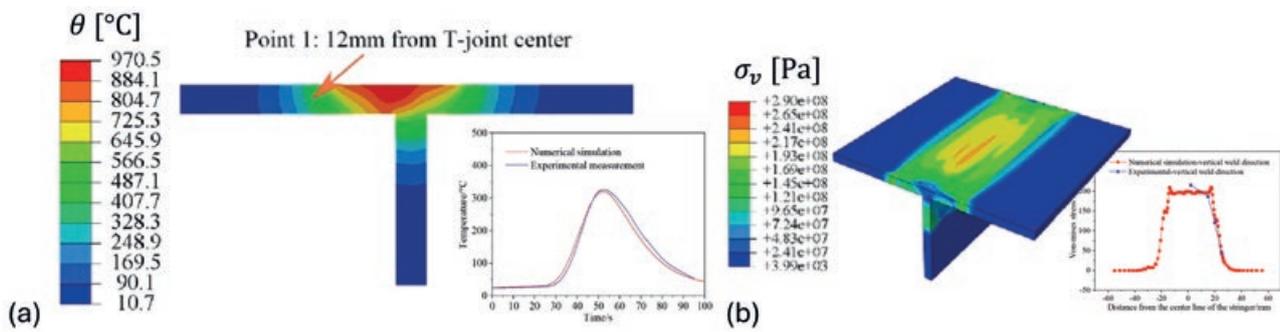


Fig. 3: Temperature field and residual stresses after friction stir welding process of a T-joint, including two welding cycles at different positions next to the T-joint centre. Adapted and reprinted from [22], with permission from Elsevier.

dwelling stage, the tool continues to rotate in place, further increasing the temperature beneath it. In the welding stage, the tool traverses along the joining line, stirring the material to form a joint. For more details, the interested reader is referred to [4].

To investigate the resulting residual stresses or distortions, a simple numerical approach is a thermo-mechanical process model, where the process is modelled via a heat source. In contrast to the previous example, the (temperature-dependent) material behaviour needs to be modelled as well. Since FSW is a highly dynamic process, involving severe plastic deformation at elevated temperature, the material model needs at least to account for strain hardening, strain rate and temperature-dependent effects. Next to the heat equation, the mechanical boundary-value problem must be solved. Still, the FEM approach is often employed for such kind of simulations. For instance, Su et al. [22] performed a sequentially coupled thermo-mechanical analysis, where only the mechanical field is dependent on temperature. The effect of different welding sequences on the low-cycle fatigue behaviour of T-joints in a titanium alloy was experimentally investigated, where the residual stress distribution strongly influences this behaviour. In this regard, based on accurately predicting the temperature distribution, Fig. 3(a), the numerical model focussed on the resulting stress distribution within the T-joint after one or two welding cycles, where the stress distribution after two welding cycles is shown in Fig. 3(b), agreeing well with experimental measurements. The information from the simulation was considered by interpreting the resulting experimental fatigue behaviour of the T-joint.

### Modelling material deformation in refill FSSW

Refill friction stir spot welding (refill FSSW) is a spot welding process for overlap configurations [23]. The tool consists of two rotating non-consumable components, a

shoulder and a probe, as well as a stationary clamping ring, see Fig 1(d). Shoulder and probe typically operate at the same rotational speed, but they are moved axially by separate actuators. The process starts with the probe and shoulder rotation, generating frictional heat with the plasticized material beneath. During the following plunging stage, the rotating shoulder penetrates into the top sheet while the rotating probe moves upwards, creating a cavity for the plasticized material displaced by the shoulder. The ratio of the speed of both components is determined according to plastic incompressibility. Once the shoulder reaches the target depth, the dwelling stage starts where the shoulder keeps rotating without any further translation. Afterwards, the components move to their original position and the probe pushes the material back, forming the joint.

In contrast to the previous examples, the temperature as well as the strain field within the welding area was of interest. The modelling framework must be able to deal with severe plastic deformation, i.e. strains up to 50. For this purpose, an updated Lagrangian formulation in combination with automatic remeshing was chosen [24] by using DEFORM3D, allowing to resolve the material flow during refill FSSW. While the tool is modelled as rigid, the material to be joined were modelled as rigid-viscoplastic. Since the tool-workpiece interaction is explicitly modelled, appropriate contact conditions have to be defined, determining the generated frictional heat and plastic deformation, which are crucial for the accuracy of the model. Often, two types of friction laws are applied for solid-state friction-based processes [25], either a shear friction or a (temperature-dependent) Coulomb friction model. Fig. 4 shows the resulting strain field during the different steps of the refill FSSW process for a similar material combination of aluminium alloys. Information about the local temperature and strain evolution within the joint are of crucial importance for the prediction of the microstructure. For instance, Raza et al. [26] employed the information from the process simulation of refill FSSW of a dis-

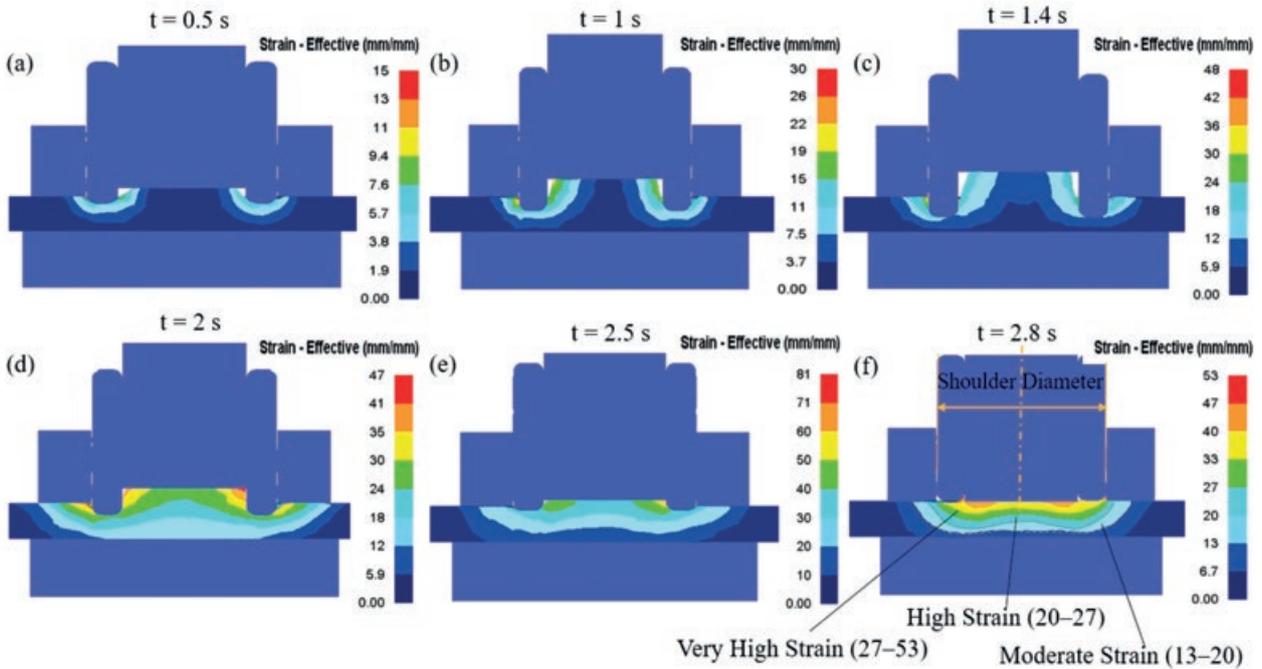


Fig. 4: Strain Field in refill FSSW for a similar material combination at different process time steps. Adapted from [24].

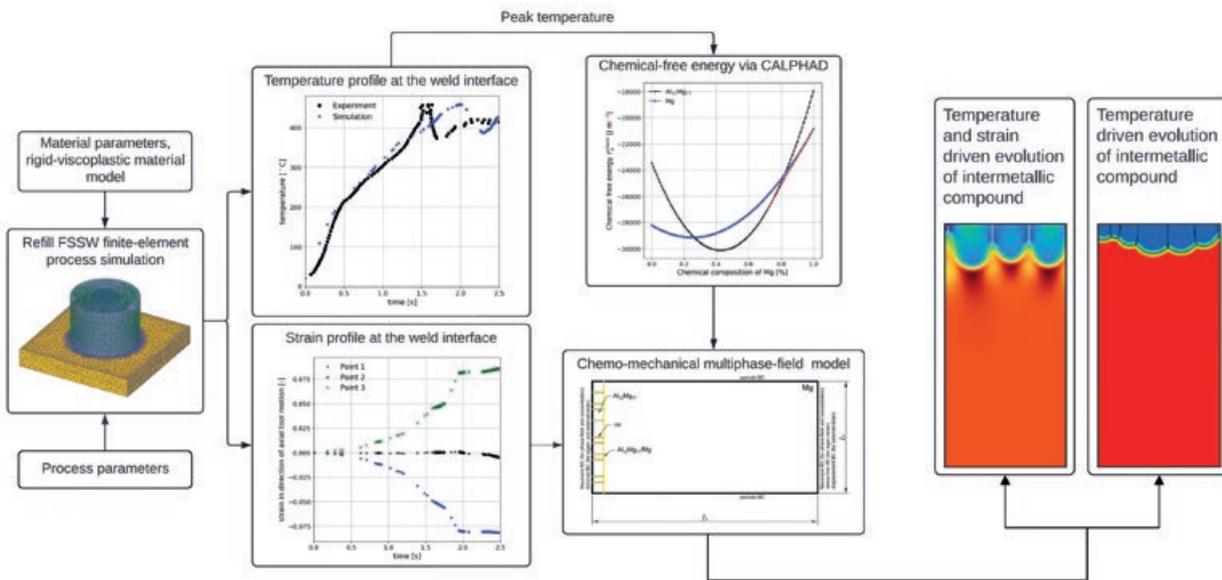


Fig. 5: Modelling flowchart of a combined process simulation and multiphase-field model for microstructure evolution of intermetallic compounds at the weld interface during refill FSSW. Reprinted from [26], with permission from Elsevier.

similar material combination (aluminium/magnesium) as boundary condition for the subsequent multiphase-field model to study the evolution of the intermetallic compounds that form at the weld interface, which determine the strength of the joint. The large deformations during the process require remeshing, where challenges for the remeshing algorithm lie in the accuracy during interpola-

tion between the two meshes as well as volume conservation, which might lead to slightly smaller sheets within the joining area after the process, resulting in significant errors. Due to the simplification made in the presented approach, its applicability to more complex problems is at least challenging.

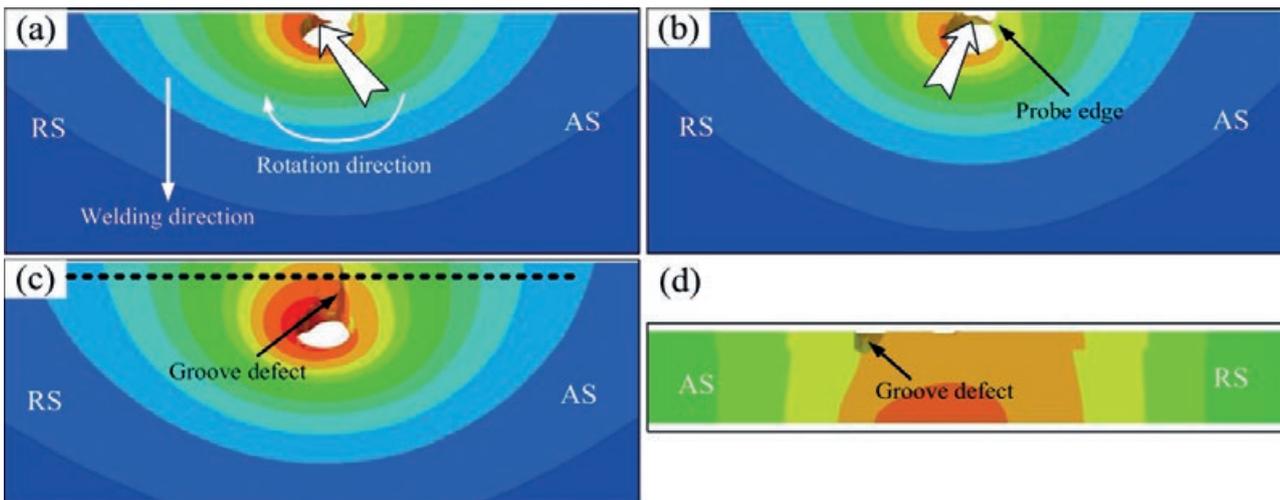


Fig. 6: Groove defect formation during BT-FSW at different stages of the process as obtained in [18]. Reproduced with permission from Springer Nature.

### Modelling defect formation during bobbin-tool friction stir welding via CEL

Bobbin-tool friction stir welding (BTFSW) is a variant of FSW that does not require a backing anvil [27], allowing the joining of hollow structures, see Fig. 1 (c). The tool consists of an upper and a lower shoulder, the latter replacing the classical backing plate, which are connected to the probe. Both shoulders can rotate, however, often a semi-stationary variant is applied, where the upper shoulder remains stationary. The gap size between the two shoulders is controlled by a gap force.

To elucidate the mechanism behind the formation of groove defects in BTFSW, Wen et al. [18] employed a CEL model. In principle, the CEL approach combines the advantages of Lagrangian and Eulerian approaches for the determination of the contact formulation, where the moving material is described via the Eulerian mesh, while the tool is described in a Lagrangian setting. In this regard, mesh distortion can be avoided, allowing an accurate description of the material flow. The CEL approach is often employed in investigating defect formation in friction-based solid-state processes [13, 28]. The material flow during BTFSW was found to be asymmetrical [18], comprising multiple layers throughout the joint thickness, which contributed to groove formation at the probe edge, as depicted by the modelling results in Fig. 6. The study also revealed that the groove defect could be mitigated by several factors, including increasing the rotation speed and the reactive force of the upper shoulder, as well as by decreasing the welding speed. Additionally, an increase in the side tilt angle and the reactive force

of the lower shoulder initially reduced the groove defect; however, further increase in these parameters subsequently led to an increase in the defect.

### Modelling the deposition behaviour during friction surfacing via SPH

If the actual deposition behaviour during FS is of interest, a thermal model is not sufficient. During FS, the consumable tool material undergoes large deformations as well as separation, which is also challenging to simulate using conventional mesh-based discretization techniques. However, it is of high interest, where the individual material from the rod is deposited, therefore, point tracking over time would be highly desired. In this regard, mesh-free approaches such as the smoothed-particle hydrodynamics (SPH) method are appealing [29–31]. The SPH method is Lagrangian in nature but does not require any mesh, where particles are used as basis for an interpolation scheme formulated on kernel functions. However, sufficient number of particles make this approach computational challenging, therefore, Elbossily et al. [32] developed a SPH-framework for FS based on a GPU/CUDA implementation, thereby drastically decreasing the runtime of the simulation and adding to the computational efficiency. The model consists of three components: a deformable rotating rod representing the consumable material, a deformable substrate, and a rigid backing plate, see Fig. 7 (a). The simulation mimics the plasticizing and deposition phase. The joining of the particle to the substrate, i.e. the separation from the rod material, is defined via a combined criterion of joining temperature and strain rate.

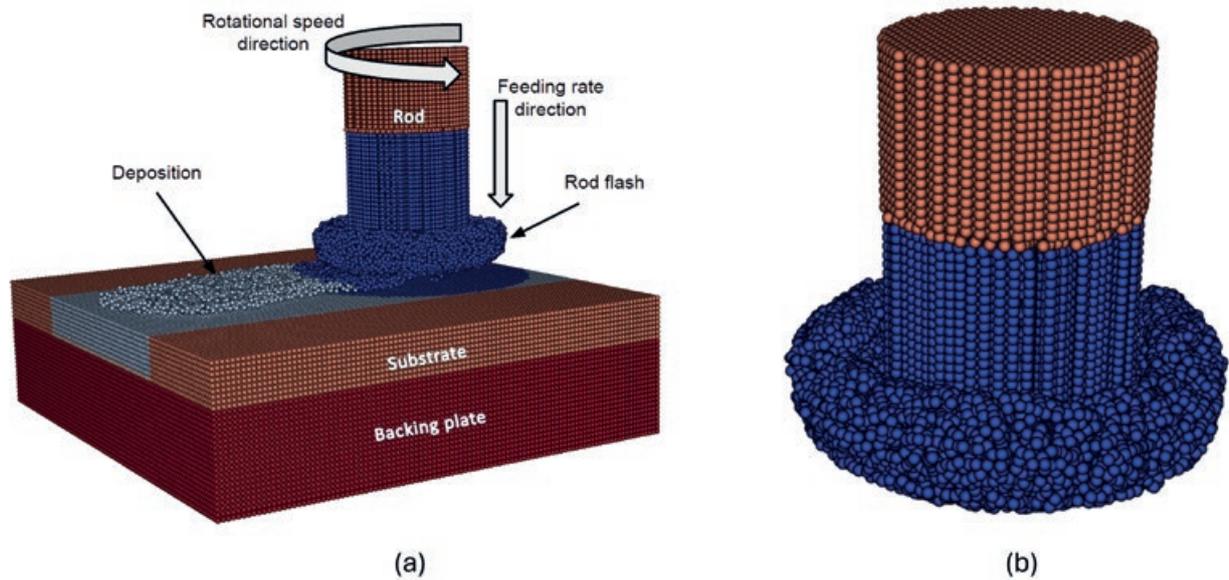


Fig. 7: SPH simulation of FS showing (a) deposition process and (b) final flash geometry [32].

The model successfully captured nuances in the deposition geometry. For instance, the resultant simulated deposit profile agreed closely with the experimental findings, as depicted in Fig. 8. Also, the FS-characteristic rod flash formation, Fig 7 (b), is representative to experimental findings. But SPH also involves a large number of parameters, which can be modified and interact with each other. For instance, the choice of an optimal parti-

cle size, scaling and correction factors, the choice of the kernel function and appropriate timestep value plays a vital role in the calculations, where convergence is not straightforward to define and to achieve. With appropriate choices, this modelling approach can lead to valuable insight into complex processes such as the presented friction-based solid-state processes.

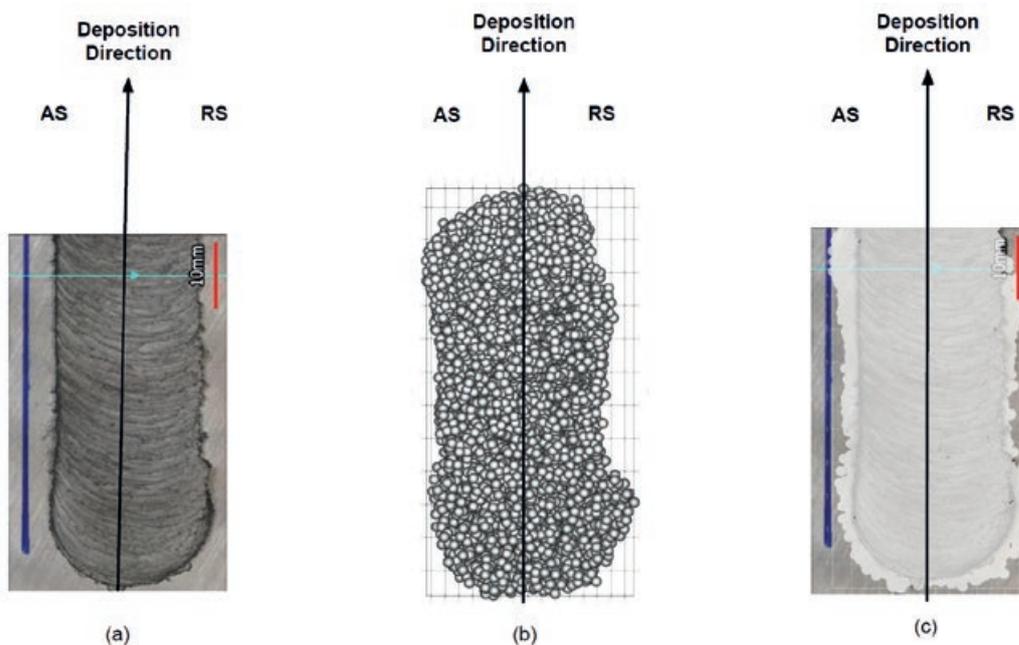


Fig. 8: FS deposit profiles obtained from (a) experiment (b) SPH simulation. (c) Comparison of overlap between (a) and (b), showing good agreement [32].

## Conclusion

Overall, the different examples presented provide only a glance on the possibilities in terms of numerical approaches to model individual aspects in friction-based solid-state processes. The complexity and calculation time of each of these methods largely vary and so do the individual assumptions of each method. In this regard, there is not a single numerical approach, which is suitable for all application cases and questions addressed within friction-based solid-state processes. Therefore, the choice of the individual numerical approach highly depends on the specific research question, which should be answered via the employed process simulation approach.

## References

- [1] T. A. Mai, A. C. Spowage, Characterization of dissimilar joints in laser welding of steel-kovar, copper-steel and copper-aluminium, *Materials Science and Engineering: A*, vol. 374, pp. 224-233, 2004.
- [2] A. Simar, M.-N. Avettand-Fénoël, State of the art about dissimilar metal friction stir welding. *Science and Technology of Welding and Joining*, 22(5), pp.389-403, 2017.
- [3] P. Kah, R. Rajan, J. Martikainen, R. Suoranta, Investigation of weld defects in friction-stir welding and fusion welding of aluminium alloys. *Int J Mech Mater Eng* 10, 26, 2015.
- [4] R.S. Mishra, Z.Y. Ma, Friction stir welding and processing, *Materials Science and Engineering: R: Reports*, vol. 50:1-2, pp. 1-78, 2005.
- [5] K. Chen, X. Liu, J. Ni, A review of friction stir-based processes for joining dissimilar materials, *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, vol. 104, pp. 1709-1731, 2019.
- [6] M. Akbari, P. Asadi, R. A. Behnagh, Modeling of material flow in dissimilar friction stir lap welding of aluminum and brass using coupled Eulerian and Lagrangian method, *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, vol. 113, pp. 721-734, 2021.
- [7] C. M. Chen and R. Kovacevic, Finite element modeling of friction stir welding—thermal and thermomechanical analysis, *Int. J. Mach. Tools Manuf.*, vol. 43, no. 13, pp. 1319-1326, 2003.
- [8] H. Schmidt and J. Hattel, A local model for the thermomechanical conditions in friction stir welding, *Model. Simul. Mater. Sci. Eng.*, vol. 13, pp. 77-93, 2005.
- [9] G. Buffa, J. Hua, R. Shivpuri, L. Fratini, A continuum based fem model for friction stir welding—model development, *Materials Science and Engineering: A*, vol. 419, 1-2, pp. 389-396, 2006.
- [10] G. Chen, Q. Ma, S. Zhang, J. Wu, G. Zhang, and Q. Shi, Computational fluid dynamics simulation of friction stir welding: A comparative study on different frictional boundary conditions, *J. Mater. Sci. Technol.*, vol. 34:1, pp. 128-134, 2018.
- [11] I. Alfaro, L. Fratini, E. Cueto, and F. Chinesta, Numerical Simulation of Friction Stir Welding by Natural Element Methods, *Int. J. Mater. Form.*, vol. 2, no. 4, pp. 225-234, 2008.
- [12] C. T. Wu, W. Hu, H. Wang, and H. Lu, "A Robust Numerical Procedure for the Thermomechanical Flow Simulation of Friction Stir Welding Process Using an Adaptive Element-Free Galerkin Method," *Math. Probl. Eng.*, vol. 2015, pp. 1-16, 2015.
- [13] F. Al-Badour, N. Merah, A. Shuaib, and A. Bazoune, Coupled Eulerian Lagrangian finite element modeling of friction stir welding processes, *J. Mater. Process. Technol.*, vol. 213, no. 8, pp. 1433- 1439, 2013.
- [14] D. M. Neto, P. Neto, "Numerical modeling of friction stir welding process: a literature review," *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, vol.65, pp. 115-126, 2013.
- [15] X. He, F. Gu, A. Ball, A review of numerical analysis of friction stir welding, *Progress in Materials Science*, vol. 65, pp. 1-66, 2014.
- [16] R.V. Marode, S.R. Pedapati, T.A. Lemma, M. Awang, A review on numerical modelling techniques in friction stir processing: current and future perspective. *Archiv.Civ.Mech.Eng* vol. 23, 154, 2023.
- [17] M. Soujon, Z. Kallien, A. Roos, B. Zeller-Plumhoff, B. Klusemann, Fundamental study of multi-track friction surfacing deposits for dissimilar aluminium alloys with application to additive manufacturing, *Materials & Design*, vol. 219, pp. 110786, 2022.
- [18] Q. Wen, W. Li, X. Di, S. Ren, Z. Jing und B. Klusemann, Clarify the forming mechanism and affecting factors of defects in semi-stationary shoulder bobbin tool friction stir welding, *Welding in the World*, vol. 68, pp. 1783-1790 2024.
- [19] B. Fu, J. Shen, U.F.H.R. Suhuddin, T. Chen, J.F. dos Santos, B. Klusemann, and M. Rethmeier, Improved mechanical properties of cast Mg alloy welds via texture weakening by differential rotation refill friction stir spot welding. *Scripta Materialia*, vol. 203, 114113, 2021.
- [20] J. Gandra, H. Krohn, R.M. Miranda, P. Vilaça, L. Quintino, J.F. dos Santos, Friction surfacing—A review, *Journal of Materials Processing Technology*, Volume 214, Issue 5, Pages 1062-1093, 2014.
- [21] Z. Kallien und B. Klusemann, Combined experimental-numerical analysis of the temperature evolution and distribution during friction surfacing, *Surface and Coatings Technology*, vol. 437, 128350, 2022.
- [22] Y. Su, W. Li, J. Shen, L. Bergmann, J. F. dos Santos, B. Klusemann und A. Vairis, Comparing the fatigue performance of Ti-4Al-0.005B titanium alloy T-joints, welded via different friction stir welding sequences, *Materials Science and Engineering A*, vol. 859, 144227, 2022.
- [23] M.D. Tier, T.S. Rosendo, J.F. dos Santos, N. Huber, J.A. Mazzaferro, C.P. Mazzaferro, T.R. Strohaecker, The influence of refill FSSW parameters on the microstructure and shear strength of 5042 aluminium welds, *Journal of Materials Processing Technology*, Volume 213, Issue 6, Pages 997-1005, 2013.

## Acknowledgment

The results summarized in this article are the result of numerous research collaborations. The authors of this article would like to take this opportunity to thank all those who have contributed to it over the last years! Furthermore, funding is gratefully acknowledged from the European Research Council (ERC) under the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme (grant agreement No 101001567).

- [24] V. S. R. Janga, M. Awang, M. F. Yamin, U. F. H. Suhuddin, B. Klusemann, J. F. dos Santos, "Experimental and numerical analysis of refill friction stir spot welding of thin AA-7075-T6 sheets," *Materials*, vol. 14, pp. 7485, 2021.
- [25] R. Nandan, G. G. Roy, T. J. Lienert, T. DebRoy, "Three-Dimensional Heat and Material Flow during Friction Stir Welding of Mild Steel," *Acta Materialia*, vol. 54, pp. 883-895, 2006.
- [26] S. H. Raza, T. Mitnacht, G. Diyoke, D. Schneider, B. Nestler, B. Klusemann, Modeling of temperature- and strain-driven intermetallic compound evolution in an Al-Mg system via a multi-phase field approach with application to refill friction spot welding, *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*, vol. 169, 105059, 2022.
- [27] F.F. Wang, W.Y. Li, J. Shen, S.Y. Hu, J.F. dos Santos, Effect of tool rotational speed on the microstructure and mechanical properties of bobbin tool friction stir welding of Al-Li alloy, *Materials & Design*, vol. 86, pp. 933-940, 2015.
- [28] P. Chauhan, R. Jain, S. K. Pal und S. B. Singh, Modeling of defects in friction stir welding using coupled Eulerian and Lagrangian method, *Journal of Manufacturing Processes*, vol. 34, pp. 158-166, 2018.
- [29] W. Pan, D. Li, A. M. Tartakovsky, S. Ahzi, M. Khraisheh, and M. Khaleel, A new smoothed particle hydrodynamics non-Newtonian model for friction stir welding: Process modeling and simulation of microstructure evolution in a magnesium alloy, *Int. J. Plast.*, vol. 48, pp. 189-204, 2013.
- [30] G.G. Stubblefield, K.A. Fraser, T.W. Robinson, N. Zhu, R.P. Kinser, J.Z. Tew, B.T. Cordle, J.B. Jordan, P.G. Allison, A computational and experimental approach to understanding material flow behavior during additive friction stir deposition (AFSD). *Comp. Part. Mech.* 10, pp. 1629-1643, 2023.
- [31] L. Li, V. Gupta, X. Li, A.P. Reynolds, G. Grant, A. Soulami, Meshfree simulation and experimental validation of extreme thermomechanical conditions in friction stir extrusion. *Comp. Part. Mech.* 9, pp. 789-809, 2022.
- [32] A. Elbossily, Z. Kallien, R Chafle, K.A. Fraser, M. Afrasiabi, M. Bambach, B. Klusemann, A GPU-based meshfree computational framework for modeling the friction surfacing process, submitted for publication, 2024.



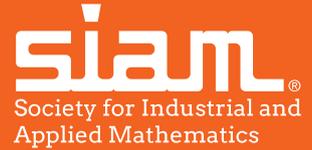
**Rupesh Chafle** works as PostDoc at the Solid State Materials Processing department of Helmholtz-Zentrum Hereon since 2021. He studied Materials Science and Engineering with focus on microstructure modelling during his master and doctoral studies at the Indian Institute of Technology, Kanpur. His research interests involve solid-state phase transformations in technologically significant alloys, phase-field modelling, precipitation and process simulations, and ICME approach for additive manufacturing.



**Benjamin Klusemann** is Professor of Materials Mechanics at the Leuphana University Lüneburg since 2015. Additionally, he is head of the department "Solid State Materials Processing" at the Helmholtz-Zentrum Hereon within the Institute of Material and Process Design. After his diploma in Mechanical Engineering and the Dr.-Ing. in Mechanics at the TU Dortmund in 2010, he moved for two years to RWTH Aachen before he joined TU Hamburg. With a Feodor Lynen Research Fellowship of the Humboldt foundation, he spent 9 months at the California Institute of Technology, USA in 2013. His research interests include various topics in the field of solid-state materials processing, micromechanics and multi-scale modelling, crystal plasticity, technological process simulations and experimental-modelling correlations.

Upcoming Events from

# Society for Industrial and Applied Mathematics



## Save the Date for SIAM Annual Meeting 2025!

Join us in Montreal, Quebec, Canada • July 28–August 1, 2025

Call for participation is scheduled to open September 2024

AN25 will be held jointly with the Canadian Applied and Industrial Mathematics Society (CAIMS)

### SIAM 2025 Conferences

#### ACM-SIAM Symposium on Discrete Algorithms (SODA25)

January 12–15, 2025 • New Orleans, Louisiana, U.S.

#### SIAM Symposium on Algorithm Engineering and Experiments (ALENEX25)

January 12–13, 2025 • New Orleans, Louisiana, U.S.

#### SIAM Symposium on Simplicity in Algorithms (SOSA25)

January 13–14, 2025 • New Orleans, Louisiana, U.S.

#### SIAM Conference on Computational Science and Engineering (CSE25)

March 3–7, 2025 • Fort Worth, Texas, U.S.

#### SIAM International Conference on Data Mining (SDM25)

May 1–3, 2025 • Alexandria, Virginia, U.S.

#### SIAM Conference on Applications of Dynamical Systems (DS25)

May 11–15, 2025 • Denver, Colorado, U.S.

#### The Third Joint SIAM/CAIMS Annual Meetings (AN25)

July 28–August 1, 2025 • Montreal, Quebec, Canada

#### SIAM Conference on Control and Its Applications (CT25)

July 28–30, 2025 • Montreal, Quebec, Canada

#### SIAM Conference on Computational Geometric Design (GD25)

July 28–30, 2025 • Montreal, Quebec, Canada

#### SIAM Conference on Applied and Computational Discrete Algorithms (ACDA25)

July 30–August 1, 2025 • Montreal, Quebec, Canada

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

**Dr. Christoph Lohmann** absolvierte sein Studium der Mathematik mit Nebenfach Physik (B.Sc. und M.Sc.) an der Technischen Universität Dortmund. Im Anschluss arbeitete er als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Angewandte Mathematik und Numerik der TU Dortmund und promovierte dort im Jahr 2019 unter der Betreuung von Prof. Dmitri Kuzmin. Seine Dissertation beschäftigte sich mit physik-konformen Finite Elemente-Verfahren zur Simulation von Fasersuspensionen. Seitdem liegt sein Forschungsschwerpunkt am gleichen Lehrstuhl auch auf der Entwicklung zeit-paralleler Lösungsansätze für inkompressible Strömungsprozesse, um physik-konforme und hardware-orientierte numerische Techniken miteinander zu kombinieren.

Die hochgenaue numerische Simulation von komplexen Strömungsprozessen gewinnt in der heutigen Zeit zunehmend an Bedeutung und findet in zahlreichen alltäglichen Bereichen Anwendung. So wird sie beispielsweise in der Wettervorhersage, der aerodynamischen Optimierung von Fahrzeugkarosserien oder der Analyse von Produktionswerkzeugen eingesetzt. Damit derartige computergestützte Berechnungen auch in der Praxis einen echten Mehrwert bieten, bedarf es spezialisierter numerischer Verfahren. Diese Methoden müssen äußerst robust und hocheffizient sein, um den vielfältigen Herausforderungen standzuhalten und auch komplexe Berechnungen in angemessener Zeit durchführen zu können. Christoph Lohmanns

Forschungsarbeiten zielen darauf ab, genau diesen Anforderungen gerecht zu werden.

Im Mittelpunkt seiner Promotion stand die Entwicklung robuster und physik-konformer Verfahren zur Simulation von Fasersuspensionen, wie sie beispielsweise in der Papierherstellung auftreten (siehe Abb. 1). Derartige Gemische können in einer makroskopischen Sichtweise durch ein nicht-newtonsches Fluid modelliert werden, dessen Spannungstensor von einer sogenannten Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion abhängt. Diese Funktion beschreibt zu einem gegebenen Ortspunkt die Wahrscheinlichkeit, eine (starre) Faser mit bestimmter Orientierung vorzufinden. Für eine effiziente numerische Simulation kann diese Funktion durch ihre Hauptmomente approximiert werden, die sich in einem symmetrischen, positiv semidefiniten Orientierungstensor mit normierter Spur zusammenfassen lassen. Die Herausforderung bestand nun darin, geeignete numerische Finite Elemente-Verfahren zu konstruieren, die diese Merkmale auch im Diskreten erhalten [3,9]. Dafür wurden Anforderungen an die numerische Behandlung der sogenannten Folger-Tucker Gleichung untersucht, welche die Dynamik des Orientierungstensors beschreibt. Aufgrund des hyperbolischen Charakters dieser Gleichung wurden eigens angepasste Limiter-Techniken basierend auf der Flux Corrected Transport (FCT) Methodik konstruiert und analysiert. Diese Verfahren haben sich bereits bei skalaren Transportproblemen bewährt und ermöglichen die Erzeugung hochgenauer und monotonie-erhaltender Lösungen [6].

## STECKBRIEF



Nach Abschluss seiner Promotion widmete sich Christoph Lohmann zusätzlich der Entwicklung zeit-paralleler Methoden zur numerischen Lösung der inkompressiblen Navier-Stokes Gleichungen. Diese Forschungsthematik wird immer relevanter, da die Rechenleistung moderner Hochleistungsrechner kontinuierlich zunimmt. Zur optimalen Nutzung werden gleichzeitig jedoch hochparallelisierbare Anwendungen benötigt. Diese Parallelisierung erfolgt bei der Strömungssimulation üblicherweise durch sogenannte Gebietszerlegungsverfahren, bei denen das örtliche Rechengebiet in kleinere, weitgehend unabhängig bearbeitbare Teilgebiete unterteilt wird. Diese Herangehensweise stößt jedoch an ihre Grenzen, wenn

keine sehr hohe räumliche Auflösung erforderlich ist. Existiert gleichzeitig eine starke zeitliche Dynamik, so limitiert der hochgradig sequentielle Prozess der Zeitintegration die potentielle Beschleunigung der Rechenzeit und erschwert eine vollständige Auslastung von Hochleistungsrechnern.

An dieser Stelle setzen zeit-parallele Verfahren an, die durch eine gekoppelte Betrachtung mehrerer Zeitschritte und den Einsatz spezieller Algorithmen die Parallelisierbarkeit der Berechnung weiter erhöhen. Eines der bekanntesten Beispiele dieses Ansatzes ist das Parareal Verfahren, das iterativ den sequentiellen Ablauf von Zeitschrittverfahren in mehrere parallele Probleme auf zeitlichen Teilintervallen unterteilt und die resultierenden Zwischenlösungen in einem effizienten Korrekturschritt kombiniert. Andere Verfahren wenden Mehrgitteralgorithmen auf das gekoppelte Orts-Zeit-Problem an, bei denen die Konvergenzgeschwindigkeit durch Hilfsprobleme auf einem gröberen Orts-Zeit-Gitter beschleunigt wird. Derartige Verfahren sind besonders für diffusionsdominante Probleme gut erforscht und konvergieren schnell gegen die gesuchte Lösung [1,5]. Ein zentraler Schwerpunkt von Christoph Lohmanns aktuellen Arbeiten liegt in der Entwicklung zeit-paralleler Lösertechniken für die inkompressiblen Navier-Stokes Gleichungen, die auf sogenannten Schur-Komplement Techniken basieren (siehe Abb. 2). In Zusammenarbeit mit Stefan Turek verfolgt er einen Ansatz, bei dem zunächst die Geschwindigkeiten für alle Zeitschritte formal aus dem Gleichungssystem eliminiert werden. Das resultierende Gleichungssystem, das ausschließlich die Druck-Unbe-

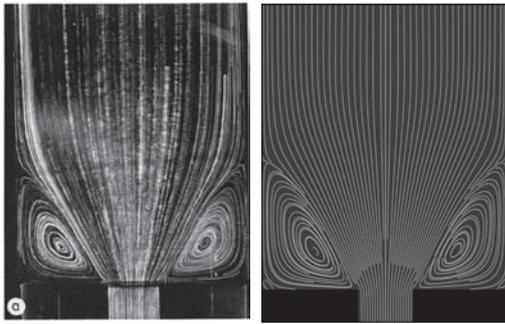


Abb. 1: Strömungsbild einer Fasersuspension durch eine dreidimensionale Kontraktion: Experiment (links; aus [2]) vs. Simulation (rechts; vgl. [4]).

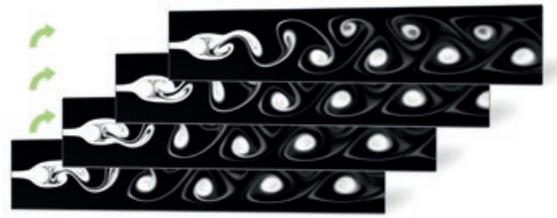


Abb. 2: Illustration der zeit-parallelen Simulation des DFG Benchmarks "Flow Around a Cylinder" [10], bei der die Lösung zu mehreren diskreten Zeitschritten gleichzeitig berechnet wird, um den sequentiellen Prozess der Zeitintegration zu umgehen.

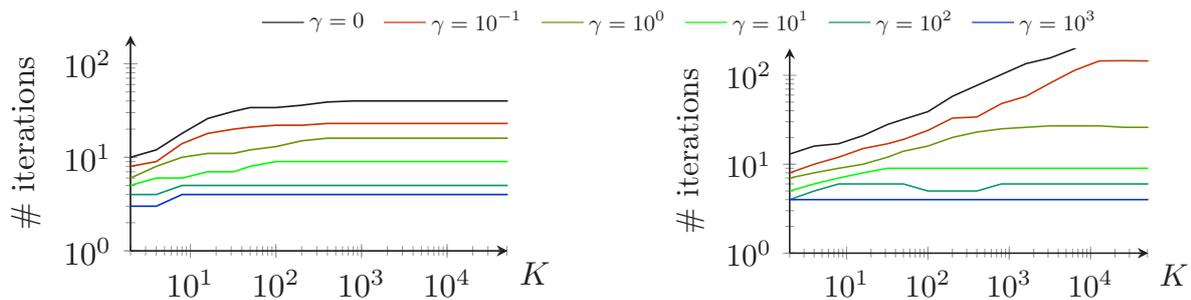


Abb. 3: Beispielhafte Konvergenzbeschleunigung des zeit-parallelen Stokes-Lösers für verschiedene Vorkonditionierer unter Verwendung des Augmented Lagrangian Ansatzes in Abhängigkeit von dem Stabilisierungsparameter  $\gamma$  und der Anzahl geblockter Zeitschritte  $K$  (aus [7]).

kannten umfasst, wird anschließend iterativ gelöst. Dabei spielt die Verwendung präziser Vorkonditionierer eine entscheidende Rolle für eine schnelle Konvergenz. Gleichzeitig besteht eine besondere Herausforderung der Verfahrensentwicklung darin, dass alle enthaltenen Komponenten der vorkonditionierten Fixpunktiteration effizient auf modernen Hardwarearchitekturen ausgeführt werden können. Hierfür werden etwa bereits fundierte zeit-parallele Verfahren zur Lösung der enthaltenen Teilprobleme für Hilfgeschwindigkeiten eingesetzt. Um die Konvergenz des Ansatzes weiter zu beschleunigen, können zudem Mehrgittertechniken oder der sogenannte Augmented Lagrangian Ansatz eingesetzt werden [7,8]. Letzterer modifiziert die Impulsgleichung auf eine konsistente Weise, sodass aus theoretischer Sicht beliebig genaue Schur-Komplement Vorkonditionierer konstruiert werden können (siehe Abb. 3). Im Grenzfall sorgt dieser Zugang dafür, dass die Geschwindigkeitslösung der Impulsgleichung bereits die Nebenbedingung der diskreten Divergenzfreiheit erfüllt. Dies führt automatisch zur Verwendung diskret divergenzfreier Finite Elemente-Verfahren, wie sie aktuell von Christoph Lohmann im Kontext von zeit-parallelen Strömungslösern analysiert werden. Dieses Konzept bietet den Vorteil, dass auf Schur-Komplement Techniken aufgrund des Wegfalls der Kontinuitätsgleichung verzichtet werden kann, wodurch eine größere Flexibilität bei der Konstruktion der zeit-parallelen Löser erreicht wird.

## Literatur

- [1] J. Dünnebacke, S. Turek, C. Lohmann, A. Sokolov und P. Zajac. „Increased space-parallelism via time-simultaneous Newton-multigrid methods for nonstationary nonlinear PDE problems“. In: The International Journal of High Performance Computing Applications 35.3 (2021), S. 211-225.
- [2] G. Lipscomb, M. Denn, D. Hur und D. Boger. „The flow of fiber suspensions in complex geometries“. In: Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics 26.3 (1988), S. 297-325.

- [3] C. Lohmann. „Flux-corrected transport algorithms preserving the eigenvalue range of symmetric tensor quantities“. In: Journal of Computational Physics 350 (2017), S. 907-926.
- [4] C. Lohmann. „Physics-Compatible Finite Element Methods for Scalar and Tensorial Advection Problems“. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2019.
- [5] C. Lohmann, J. Dünnebacke und S. Turek. „Fourier analysis of a time-simultaneous two-grid algorithm using a damped Jacobi waveform relaxation smoother for the one-dimensional heat equation“. In: Journal of Numerical Mathematics 30.3 (2022), S. 173-207.
- [6] C. Lohmann, D. Kuzmin, J. N. Shadid und S. Mabuza. „Flux-corrected transport algorithms for continuous Galerkin methods based on high order Bernstein finite elements“. In: Journal of Computational Physics 344 (2017), S. 151-186.
- [7] C. Lohmann und S. Turek. „Augmented Lagrangian Acceleration of Global-in-Time Pressure Schur Complement Solvers for Incompressible Oseen Equations“. In: Journal of Mathematical Fluid Mechanics 26 (2 28. März 2024).
- [8] C. Lohmann und S. Turek. „On the Design of Global-in-Time Newton-Multigrid-Pressure Schur Complement Solvers for Incompressible Flow Problems“. In: Journal of Mathematical Fluid Mechanics 25 (3 2023), S. 64.
- [9] C. Lohmann. „Algebraic flux correction schemes preserving the eigenvalue range of symmetric tensor fields“. In: ESAIM: M2AN 53.3 (2019), S. 833-867.
- [10] M. Schäfer, S. Turek, F. Durst, E. Krause und R. Rannacher. „Benchmark Computations of Laminar Flow Around a Cylinder“. In: Flow Simulation with High-Performance Computers II: DFG Priority Research Programme Results 1993-1995. Hrsg. von E. H. Hirschel. Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag, 1996, S. 547-566.

## Kontakt:

Christoph Lohmann  
 Technische Universität Dortmund  
 Lehrstuhl für Angewandte Mathematik und Numerik (LS III)  
 Fakultät für Mathematik  
 Vogelpothsweg 87  
 44227 Dortmund  
 christoph.lohmann@math.tu-dortmund.de

**Dr.-Ing. Dustin Roman Jantos** absolvierte im Jahr 2015 sein Studium in Maschinenbau an der Ruhr-Universität Bochum, wo er im Anschluss seine Promotion unter der Leitung von Prof. Dr.-Ing. habil. Philipp Junker zum Thema Topologie- und Materialoptimierung im Jahr 2019 abschloss und welche im Folgejahr durch den Gebrüder-Eickhoff-Preis ausgezeichnet worden ist. Während der Promotionszeit und danach war er Mitglied der GAMM-Junioren von 2018–2021. Zwei Jahre im Anschluss an die Promotion war er weiterhin als Post-Doktorand in Bochum und trat danach die Stelle als Ober-Ingenieur an der Leibniz Universität in Hannover am Institut für Kontinuumsmechanik an und hält diese Position seit 2021 inne. Zu den Forschungsschwerpunkten zählen die Topologie- sowie Materialoptimierung mechanisch beanspruchter Strukturen basierend auf variationellen Methoden sowie Anwendung mittels additiver Fertigungsverfahren.

Die Optimierung von Strukturen gewann in den letzten Jahren immer zunehmend an Bedeutung in industriellen Anwendungen aufgrund verschiedener Faktoren: Einerseits ist die Einsparung bzw. möglichst effiziente Ausnutzung von Ressourcen relevanter als je zuvor. Andererseits ermöglichen moderne Fertigungsverfahren, insbesondere additive Fertigungsverfahren, die Produktion von Strukturen mit komplexen Geometrien aber auch lokal einstellbaren Materialeigenschaften. Zudem ist die für die computergestützte Optimierung benötigte Rechenleistung in den letzten Jahren zunehmend zugänglicher geworden, auch wenn die Optimierung von großskaligen Problemen weiterhin an die Grenzen der Rechenressourcen stoßen und effiziente numerische Modelle benötigt werden.

Im Rahmen seiner Promotion entwickelte Dustin R. Jantos zunächst wachstumsbasierte Modelle zur Topologie-Optimierung [1, 2]. Diese Modelle ließen sich neben der Optimierung für technische Anwendungen auch auf Biomechanik-Modelle anwenden. Jedoch orientierte sich der Fokus im Verlauf der weiteren Promotion auf die Optimierung für industrielle Anwendungen und eine numerisch möglichst effiziente Umsetzung [3]. Hierbei verfolgte Dustin R. Jantos einen bis dahin unkonventionellen Ansatz für die Topologieoptimierung: Anstatt wie sonst üblich die Optimierung als mathematisches Minimierungsproblem mit der Einhaltung des mechanischen Gleichgewichts als Nebenbedingung in diskretisierter Form zu betrachten, kam hier ein rein variationeller Ansatz gemäß der thermodynamischen Materialmodellierung zur Anwendung. Mit Hilfe des Hamiltonischen Prinzips, welches üblicherweise zur Herleitung und Formulierung von dissipativen Materialmodellen, wie beispielsweise plastisches, viskoses und/oder schädigendes Verhalten angewandt werden, gelang die Formulierung der sogenannten thermodynamischen (konsistenten) Optimierung. Ausgehend von einem Variationsprinzip bzw. Auswertung der Stationaritätsbedingung kann aus einem einheitlichen Ansatz sowohl die mechanischen Gleichgewichtsbedingungen wie auch Differentialgleichungen für die Evolution der Struktureigenschaften Richtung Optimum hergeleitet werden. Dadurch kann ein Optimierungsproblem als geschlossenes System aus (partiellen) Differentialgleichungen formuliert werden, analog zu klassischen Materialmodellierungsansätzen. Entsprechend können alle bisherigen

## STECKBRIEF



Ansätze aus der Materialmodellierung bezüglich Herleitung, Diskretisierung und numerischen Lösung auch Einzug in die Lösung eines Optimierungsproblems hinzugezogen werden.

Ein besonderer Fokus der Promotion von Dustin R. Jantos lag auf der Entwicklung numerisch effizienter Lösung der Evolutionsgleichungen für eine dichtebasierte Topologie-Optimierung [3]. Dabei handelt es sich um parabolische Differentialgleichungen, deren Lösung die Entwicklung der Designvariablen Richtung Optimum beschreibt. Zusätzlich müssen die Gleichungen für das mechanische Gleichgewicht zur Ermittlung des Verschiebungsfeldes mit Hilfe der Finite Elemente Methode (FEM) gelöst werden. Am

Ende stellte sich eine entkoppelte bzw. alternierende Lösung der FEM und der Evolutionsgleichungen in der starken Form mit einem netzfreien Finite Differenzen Verfahren äußerst effizient heraus. Hinzu kam eine explizite Zeitdiskretisierung mit unterschiedlichen Zeitskalen bzw. inneren Schleifen, um die Stabilität der numerischen Lösung zu garantieren. Die parabolische Natur der Evolutionsgleichung resultiert aus der gradientenbasierten Regularisierung, welche nötig ist um bei den nicht-wohl-gestellten dichtebasierten Optimierungsansätzen mit Bestrafung von Zwischendichten (erzwungene „schwarz-weiß-Lösung“) netzunabhängige Ergebnisse zu erzielen und zugleich die Mindeststrukturgröße durch den Anwender als Fertigungsrestriktion vorgeben zu können. Der von Dustin R. Jantos entwickelte Ansatz lässt sich auf andere gradientenerweiterte Modelle wie beispielsweise in Schädigungsmodellen anwenden, welche ebenfalls von der numerischen Effizienz profitieren [4].

Die Eleganz der Thermodynamischen Optimierung (TO) spiegelt sich vor allem in der Anwendung auf komplexere Materialmodelle bzw. der Optimierung von lokalen Materialeigenschaften wie Mehrphasensystem oder anisotropen Materialien mit einstellbarer Faserorientierung wider. Im Zuge dessen entwickelte Dustin R. Jantos eine Methoden der TO für zwei Materialien mit Zug- bzw. Druckaffinität: Ein Material soll möglichst nur unter Zugbeanspruchung stehen, während das andere Material möglichst nur Druckbelastungen ausgesetzt werden soll (siehe Abbildung 1). Mögliche Anwendungen ergeben sich im Stahl-Beton-Bau [5]. Ein weiteres umfassendes Feld, welches sich Dustin R. Jantos während seiner Promotion gewidmet hat,

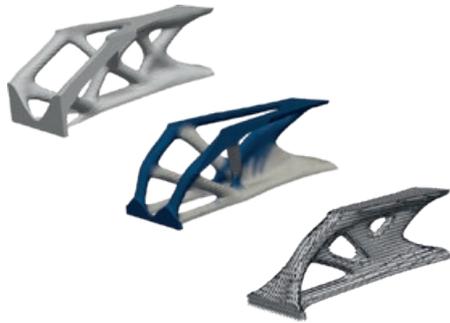


Abb. 1: Optimierung eines Kragarms, einseitig fest eingespannt und an der Front durch eine nach unten angreifende Linienlast an der unteren Kante belastet. Die drei Ergebnisse zeigen die Lösung der Optimierung für drei unterschiedliche Materialien bzw. Designvariablen bei ansonsten gleichen Rand- und Optimierungsparametern (von oben links nach unten rechts): Isotropes Material, Zweiphasen-Optimierung mit Zug-Druck-Affinität mit blauem Material unter Zug und grauem Material unter Druckbelastung, Anisotropes Faserverstärktes Material mit optimierter Faserrichtung dargestellt als schwarze Linien.

ist die Optimierung von anisotropen Materialien, insbesondere faserverstärkten Materialien mit lokal variierender Faserrichtung. Eine Besonderheit hierbei ist die simultane Optimierung der Topologie und Faserorientierung von orthotropen Materialien für kontinuierliche Faserverläufe unter Restriktion der maximal zulässigen Faserkrümmung durch den Anwender. Dabei hat die Restriktion der maximalen Faserkrümmung einen maßgeblichen Einfluss auf die optimale Geometrie [6].

Seit Abschluss der Promotion verfolgte und verfolgt Dustin R. Jantos aktuell die weitere Generalisierung bzw. Anwendbarkeit numerisch effizienten Lösung von parabolischen Evolutionsgleichungen für verschiedene Materialmodelle abseits der Optimierung, beispielsweise in Schädigungs- und Biomechanikmodellierung. Aber die Forschung bezüglich Optimierung steht weiterhin aktiv im Forderung, jedoch mit verstärktem Fokus auf Anwendung mittels additiver Fertigungsverfahren. Hierbei insbesondere die Erweiterung bzw. Modifikation der Optimierung der Faserorientierung für schichtweise anisotrope Materialien (siehe Abbildung 2): Ziel ist die Optimierung einer Struktur, in welcher die Materialhaupttrichtung bzw. die Fasern im gesamten Bauteil parallel zu einer globalen Ebene liegen. Dabei wird sowohl die globale Ebene wie auch die lokale Faserrichtung in den Ebenen neben der Topologie simultan optimiert [7]. Ein weiterer Schritt in Richtung additiver Fertigung ist die Optimierung von sequentiell gefertigten Bauteilen, wobei die Struktur nicht nur für den Endzustand bzw. Nutzungslastfall ausgelegt wird, sondern auch während jedes Schrittes im Fertigungsprozess optimal bzw. selbsttragend sein soll [8].

Aktuell leitet Dustin R. Jantos die Forschungsgruppe am Institut für Kontinuumsmechanik für die additive Fertigung sowie Topologie- und Materialoptimierung. Hierunter fallen neben der experimentellen Auswertung von am Institut selbst gefertigten Strukturen mittels unterschiedlichster Verfahren wie FDM, SLA, SLS und Binder-Jetting, auch weitere Forschungsprojekte bezüglich der Entwicklung computergestützter Optimierungsmodelle: Unter anderem die Optimierung bei großen Deformationen unter Selbstkontakt sowie die Optimierung von hybriden porösen Materialien im Rahmen des Sonderforschungsbereiches/Transregio TRR 375.

#### Literatur

- [1] Dustin R Jantos, Philipp Junker, and Klaus Hackl. "An evolutionary topology optimization approach with variationally controlled growth". In: *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering* 310 (2016), pp. 780–801.

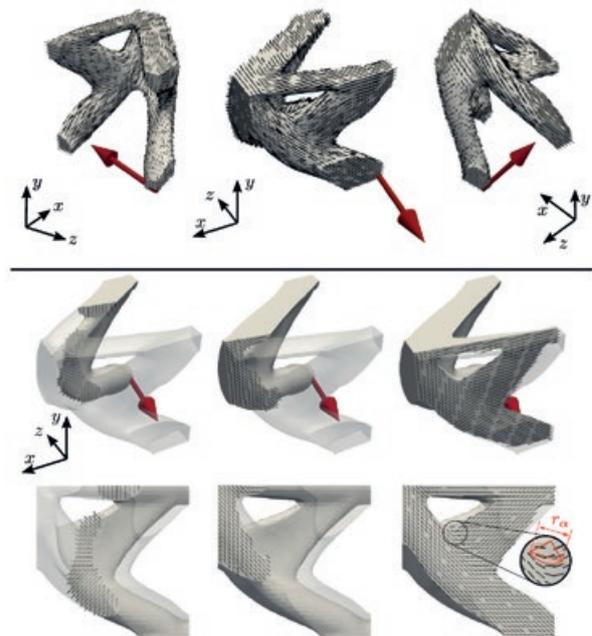


Abb. 2: Optimierung bei schichtweise anisotropem Material: Alle Fasern sind so definiert, dass diese parallel zu einer globalen Ebene sind. Die Ebene selbst wird optimiert, deren Normale als roter Pfeil dargestellt ist. Zusätzlich kann die maximal zulässige Krümmung der Fasern in der Ebene mit Hilfe eines Filters vom Anwender beschränkt werden (siehe Bild unten rechts). Das Modell liefert Optimierungsergebnisse für schichtweise anisotrope Materialien, wie sie sich bei den meisten additiv gefertigten Strukturen ergeben, oder bei geschichteten Faserverstärkten Platten.

- [2] Dustin R Jantos, Philipp Junker, and Klaus Hackl. "Optimized growth and reorientation of anisotropic material based on evolution equations". In: *Computational Mechanics* 62 (2018), pp. 47–66.
- [3] Dustin R Jantos, Klaus Hackl, and Philipp Junker. "An accurate and fast regularization approach to thermodynamic topology optimization". In: *International Journal for Numerical Methods in Engineering* 117.9 (2019), pp. 991–1017.
- [4] Philipp Junker et al. "A fast and robust numerical treatment of a gradient-enhanced model for brittle damage". In: *International Journal for Multiscale Computational Engineering* 17.2 (2019).
- [5] Georgios Gaganelis et al. "Tension/compression anisotropy enhanced topology design". In: *Structural and Multidisciplinary Optimization* 59 (2019), pp. 2227–2255.
- [6] Dustin R Jantos, Klaus Hackl, and Philipp Junker. "Topology optimization with anisotropic materials, including a filter to smooth fiber pathways". In: *Structural and Multidisciplinary Optimization* 61 (2020), pp. 2135–2154.
- [7] Dustin R Jantos and Philipp Junker. "Thermodynamic Topology Optimization of Layered Anisotropic Materials". In: *Current Trends and Open Problems in Computational Mechanics*. Springer International Publishing Cham, 2022, pp. 217–238.
- [8] Miriam Kick, Dustin R Jantos, and Philipp Junker. "Thermodynamic topology optimization for sequential additive manufacturing including structural self-weight". In: *Civil Engineering Design* 4.5–6 (2022), pp. 162–173.

#### Kontakt:

Dr.-Ing. Dustin Roman Jantos  
 Oberingenieur des Instituts für Kontinuumsmechanik  
 Leibniz Universität Hannover  
 Institut für Kontinuumsmechanik  
 An der Universität 1, 30823 Garbsen  
 Email: jantos@ikm.uni-hannover.de



# WARUM IST MATHEMATIK FÜR KÜNSTLICHE INTELLIGENZ UNENTBEHRLICH?

## STELLUNGNAHME DER MATHEMATISCHEN FACHGESELLSCHAFTEN

"Wer sich weigert, sich mit Arithmetik zu beschäftigen, ist dazu verdammt, Unsinn zu reden". Dieser Satz stammt von John McCarthy, Professor für Künstliche Intelligenz (KI) und einer ihrer Gründerväter. Während KI heute als Teilgebiet der Informatik wahrgenommen wird, ist vielen nicht bewusst, dass es sich um ein stark interdisziplinäres Gebiet handelt, das massiv von Ideen aus der Mathematik profitiert. Die Mathematik trägt dazu bei, die Sicherheit und Effizienz von KI-Systemen zu steigern.

Vier Beispiele:

- Generative KI, die aus einfachen Texteingaben verblüffend realistische Bilder erzeugt, nutzt anspruchsvolle mathematische Konzepte wie Diffusionsmodelle, die auf stochastischen Differentialgleichungen basieren.
- Moderne KI-Systeme basieren meist auf komplexen neuronalen Netzen. Inzwischen ist bekannt, dass neuronale Netze instabil sein können: Kleinste Störungen in den Eingangsdaten (z.B. sog. Adversarial Attacks) können zu massiven Fehlern im Ergebnis führen. In praktischen Anwendungen wie etwa dem autonomen Fahren oder der medizinischen Diagnostik stellt dies ein erhebliches Sicherheitsrisiko dar. Die Mathematik erforscht, wie man solche Instabilitäten durch ein besseres Design der neuronalen Netze in den Griff bekommen kann.
- Neuronale Netze in KI-Systemen hängen von Millionen und Abermillionen von Parametern ab. Das macht sie für uns Menschen intransparent. Ziel der Mathematik ist es, kompaktere Modelle

zu entwickeln, die bei gleicher Leistung weniger Parameter benötigen, transparenter und damit erklärbarer sind und auch Leistungsgarantien in kritischen Anwendungen ermöglichen.

- Damit neuronale Netze die geforderte Leistung erbringen, müssen ihre Parameter mit hohem Rechenaufwand trainiert werden. Dies verschlingt enorme Energieressourcen. Prognosen gehen davon aus, dass zukünftige KI-Systeme weltweit den Strombedarf ganzer Länder wie der Niederlande, Schwedens oder Argentinien verschlingen werden. Durch die Entwicklung moderner Optimierungsverfahren macht die Mathematik das Training neuronaler Netze effizienter und ressourcenschonender.

Obwohl oft behauptet wird, KI sei eine Blackbox, können tatsächlich alle Elemente der KI mathematisch präzise erklärt werden. Dazu gehören das statistische Verständnis der Daten, die Trainingsziele, die Trainingsmethoden und die Netzwerkarchitekturen. Dies ermöglicht uns, den Erfolg von neuronalen Netzen zu verstehen. Eine fundierte mathematische Ausbildung ermöglicht es, Trainingsziele so zu modellieren, dass wichtige Aspekte, wie beispielsweise Sicherheitsüberlegungen, im Training berücksichtigt werden können. Darüberhinaus erlaubt es die abstrakte, mathematische Denkweise, Lösungen aus bestimmten Anwendungsdomänen effizient auf andere Bereiche zu übertragen. Dies alles verdeutlicht, wie sehr Mathematik eine Schlüsselrolle bei der Entwicklung und dem Verständnis von KI spielt.

Prof. Dr. Joachim Escher  
Präsident der DMV

Prof. Dr. Karsten Urban  
Präsident der GAMM

Prof. Dr. Thomas Schuster  
1. Vorsitzender GIP

Prof. Dr. Alexander Martin  
Vorsitzender GOR

Prof. Dr. Michael Günther  
1. Vorsitzender KoMSO

DMV: Deutsche Mathematiker-Vereinigung e. V.

GAMM: Gesellschaft für Angewandte Mathematik und Mechanik e. V.

GIP: Gesellschaft für Inverse Probleme e. V.

GOR: Gesellschaft für Operations Research e. V.

Komitee für Mathematische Modellierung, Simulation und Optimierung e. V.

# BERICHTE DER GAMM JUNIORS

VON ANDREAS WARKENTIN UND MAXIMILIAN REICHEL

## YAMM LUNCH 2024



Der Young Academics Meet Mentors (YAMM) Lunch bietet eine Plattform für den Austausch zwischen Nachwuchswissenschaftlern und etablierten Expertinnen und Experten aus der Mechanik und Mathematik. Dieses Jahr fand das Event mit mehr Fachkundigen als sonst statt. Alle 15 Minuten wurde eine Glocke geläutet, um zu signalisieren, dass nun der Tisch, an dem die Konversation stattfand, zu wechseln, um so den Nachwuchswissenschaftlern die Möglichkeit zu geben, mit verschiedenen Expertinnen und Experten ins Gespräch zu kommen. Diese Struktur ermöglichte es jedem Teilnehmenden, mit möglichst vielen Mentorinnen zu interagieren.

Das Essen wurde von einem lokalen Catering-Service zubereitet, was zu einer angenehmen Atmosphäre beitrug. Themen wie Strategien für Bewerbungen, Work-Life-Balance und aktuelle politische Entwicklungen wurden



ausführlich diskutiert, und die Veranstaltung dauerte aufgrund des großen Diskussionsbedarfs länger als geplant.

## POSTERSESSION 2024

Die Postersession der GAMM Juniors ist seit der GAMM Jahrestagung 2013 ein fester Bestandteil der Jahrestagungen und fand dieses Jahr im Erdgeschoss des Hauptgebäudes der Otto von Guericke Universität statt. Die Poster wurden über einen längeren Zeitraum der Tagung hinweg präsentiert, mit zwei speziellen Slots, in denen die Juniors ihre Forschung den Interessierten erklärten.

Diese strategische Positionierung und die Möglichkeit, die Poster längerfristig auszustellen, fördern den interdisziplinären Austausch und ermöglichen es den Teilnehmenden, sich intensiv mit den Forschungsthemen auseinanderzusetzen. Der Austausch findet dabei generell sowohl während der Postersessions als auch außerhalb dieser Zeiten statt, was zu einem umfassenden Verständnis und neuen



Perspektiven auf die eigenen und fremden Forschungsarbeiten führt.

## PRE-GAMM 2024 – MAGDEBURG



Die Pre-GAMM Veranstaltung, organisiert von den GAMM Juniors, dient dazu, junge Forschende auf die GAMM Jahrestagung vorzubereiten. Dieses Jahr fand die Veranstaltung an der Otto von Guericke Universität in Magdeburg statt. Die Pre-GAMM besteht generell aus zwei Teilen: einem wissenschaftlichen Onboarding und einem Soft Skill Seminar.

**Wissenschaftliches Onboarding:** Das wissenschaftliche Onboarding fand online vom 12. bis 14. März 2024 statt. In dieser Zeit wurden sechs Vorträge gehalten, die die Teilnehmenden auf die Plenarvorträge der Konferenz vorbereiten. Generell decken diese Art der Vorträge ein breites Spektrum an Themen ab und erfordern keine Vorkenntnisse, da sie dazu dienen, die Zuhörenden in neue wissenschaftliche Gebiete einzuführen. Der Aufgabe nahmen sich die Expertinnen und Experten Prof. Stefanie Elgeti, Prof. Sven Leyffer, Dr. Muhammad Hassan (für Prof. Eric Cancès), Prof. Kerstin Weinberg und Dr. Nicole Aretz (für Prof. Karen E. Willcox) an.

Stefanie Elgeti eröffnete die Reihe mit einer Einführung in "Introduction to Mixed-initiative engineering design" einem interaktiven Designprozess, bei dem menschliche Ingenieure und Computer-Algorithmen zusammenarbeiteten. François Hild beleuchtete anschließend die Rolle der 4D-Bildgebung in der Materialmechanik mit dem Vortrag "Introduction to Contributions of 4D imaging in mechanics of materials", die es ermöglichte, die Entwicklung und das Verhalten von Materialien über die Zeit zu beobachten. Sven Leyffer präsentierte Methoden zur Lösung sehr großer kombinatorischer Optimierungsprobleme mit dem Vortrag "Introduction to Solving massive combinatorial optimization problems with PDE constraints", die durch partielle Differentialgleichungen (PDEs) eingeschränkt sind, während Muhammad Hassan (für Eric Cancès) Herausforderungen und neue Ansätze der angewandten Mathematik zur Lösung von Problemen in der Quantenme-

chanik diskutierte. Der Vortrag hatte den Titel: "Introduction to Conquering the quantum world: old problems and new challenges for the applied mathematics community". Kerstin Weinberg führte mit dem Vortrag "Introduction to Dynamic fracture simulations with peridynamics and phase-field fracture" in die Simulation dynamischer Bruchprozesse ein und konzentrierte sich dabei methodisch auf die Periodynamik und Phasenfeldmethode. Abschließend behandelte Nicole Aretz (für Karen E. Willcox) nichtlineare Mannigfaltigkeitsapproximationen und deren Anwendung in der Modellreduktion komplexer nichtlinearer Systeme mit dem Vortrag "Introduction to Nonlinear manifold approximations for reduced-order modeling of nonlinear systems". Ziel dabei ist, die Komplexität solcher Systeme zu reduzieren und dennoch genaue Simulationsergebnisse zu erhalten.

**Soft Skill Seminar:** Das Soft Skill Seminar fand am 18. März 2024 vor Ort in Magdeburg statt. Anfangs wurden Fragen rund um das Thema "How to conference" beantwortet. Dieses Seminar richtete sich insbesondere an Erstteilnehmende und junge Forschende, die gerade mit ihrer Promotion begonnen haben. Die Teilnehmendenzahl war begrenzt und eine Registrierung per E-Mail war erforderlich.

Diskussion und Q&A mit unseren Expertinnen und Experten:

- Thomas Eiter, Universität Kassel – Institut für Mathematik
- Sonja Hellebrand, Universität Duisburg-Essen – Institut für Mechanik
- Friedrich Philipp, TU Ilmenau – Optimierungsbasierte Steuerung
- Lisa Scheunemann, RPTU Kaiserslautern-Landau – Institut für Mechanik

## GAMMAS BEST PAPER AWARD 2024

Der GAMMAS Best Paper Award, ins Leben gerufen von den GAMM Juniors, zeichnet die beste Veröffentlichung im GAMM Archive for Students – GAMMAS aus. Der Preis 2024 ging an Niklas Hornischer für seine herausragende Arbeit, "Model order reduction with dynamically transformed modes for electrophysiological simulations". Diese Arbeit, betreut von Prof. Robert Altmann (OVGU Magdeburg) und Dr. Benjamin Unger (Universität Stuttgart), hebt sich durch ihre wissenschaftliche Exzellenz und den Beitrag zum Bereich der Numerischen Mathematik hervor. Der Award umfasst ein Preisgeld, das für wissenschaftliche und akademische Weiterentwicklung genutzt werden soll. Die GAMM Juniors gratulieren Herrn Hornischer herzlich zu dieser Auszeichnung und motivieren andere Forschende, ihre Arbeiten in GAMMAS zu veröffentlichen, um frühzeitig Erfahrungen im Review- und Publikationsprozess zu sammeln.



## WEITERE AKTIVITÄTEN DER GAMM JUNIORS



Am Donnerstag fand das traditionelle gemeinsame Abendessen der GAMM Juniors im Wirtshaus Magdeburg statt, bei dem auch unsere Alumnis anwesend waren. Schließlich hatten wir am Freitagmorgen einen kurzen Austausch mit den Mitgliedern des Vorstands von GAMM. Unser Sprecherteam nahm an den Vorstandssitzungen teil und konnte einige Änderungen durchsetzen. Beispielsweise

sind nun Selbstbewerbungen neuer GAMM Juniors möglich. Darüber hinaus wurden die neu nominierten Juniors während der Generalversammlung vorgestellt.

## JAHRESBERICHT 2024 DER GAMM-NACHWUCHSGRUPPE

VON JULIAN BERBERICH UND FRANZISKA EGLI

# U STUTTGART

Auch im vergangenen Jahr hat die GAMM-Nachwuchsgruppe Stuttgart Veranstaltungen zum wissenschaftlichen Austausch und zur Vernetzung ihrer Mitglieder organisiert.

Das Jahr wurde mit der fünften Ausgabe unseres Doktorand\*innen-Workshops zum Thema Model Predictive Control (MPC) abgeschlossen. Zunächst wurde hierbei eine allgemeine Einführung in die Methodik, Theorie und Anwendung von MPC gegeben, welches eine erfolgreiche moderne Regelungsmethode ist. Hierbei wurden allen Teilnehmenden aus verschiedenen Forschungsbereichen die wichtigsten Prinzipien nähergebracht.

Im Anschluss haben insgesamt vier Doktorand\*innen aus unterschiedlichen Instituten ihre Arbeiten aus dem Bereich MPC vorgestellt. Dabei fanden sowohl theoretische Arbeiten als auch praktische Anwendungen Berücksichtigung. Im theoretischen Teil wurden neue Methoden in den Gebieten des datenbasierten MPC sowie des ökonomischen MPC vorgestellt. Im praktischen Teil lag der Fokus auf der experimentellen Anwendung von MPC in anspruchsvollen Robotiksystemen, u.a. nichtholonome

Systeme sowie verteilte Systeme. Die weiterhin hohe Teilnehmerszahl bestätigt das kontinuierliche Interesse an dem Workshop, sodass auch für die Zukunft weitere Ausgaben geplant sind.

Zur Vernetzung innerhalb der GAMM-Nachwuchsgruppe haben wir außerdem den Campus Beach sowie den Stuttgarter Weihnachtsmarkt besucht. Dort konnten wir in lockerer Atmosphäre mathematische und mechanische Themen diskutieren sowie uns zu allgemeinen Themen wie Karriereplanung austauschen.

## JAHRESBERICHT 2024 DER GAMM-NACHWUCHSGRUPPE

VON RAPHAEL KUESS

# HU BERLIN

Auch im dritten Jahr an der Humboldt-Universität zu Berlin ist die Berliner GAMM-Nachwuchsgruppe gewachsen und zählt mittlerweile 21 Mitglieder aus den drei Berliner Universitäten, sowie dem Weierstraß-Institut Berlin und dem Zuse-Institut Berlin.

Da viele Mitglieder in der Berliner GAMM-Nachwuchsgruppe Promotionsstudent\*innen sind oder Interesse an einer Promotion im Bereich der angewandten Mathematik bekundet haben, haben wir zum Auftakt des akademischen Jahres einen „Thesis-Defense“ Workshop veranstaltet, der auch die Möglichkeit bot, von den Erfahrungen kürzlich promovierter Absolvent\*innen zu profitieren.

Unser akademisches Highlight war die zweitägige „Winter School on Inverse and Optimal Control Problems“, die von der Gruppe organisiert wurde. Diese Veranstaltung zielte darauf ab, zunächst eine fundierte Einführung in inverse Probleme und Kontrollprobleme zu geben und. Aufbauend darauf erhielten die Teilnehmenden Einblicke in aktuelle Forschungsgebiete, Trends und Aktivitäten auf diesen Gebieten. Die Winter School schuf somit eine Brücke zwischen den Grundlagen und dem

aktuellen Stand der Forschung, was sie sowohl inhaltlich als auch gemeinschaftlich zu einem großen Erfolg machte.

Zusätzlich findet nun monatlich eine Networking-Veranstaltung statt, die den Mitgliedern die Möglichkeit bietet, sich auszutauschen und neue Kontakte zu knüpfen. Neben diesen Veranstaltungen wurde auch das traditionelle Weihnachtsevent an der Spree erneut durchgeführt und ein gemeinsames Neujahrsevent mit dem SIAM Chapter in Potsdam organisiert. Besonders wertvoll für die Stärkung der Zusammenarbeit innerhalb der Gruppe waren die zahlreichen Late-Night-Working-Sessions, in denen durch gemeinsames Arbeiten an mathematischen Problemen und fachliche Diskussionen der Horizont erweitert wurde.

Außerdem befinden sich weitere Aktivitäten wie Firmenbesuche und Workshops in Planung. Um den interdisziplinären Kontakt und die Zusammenarbeit in diesem Rahmen zu fördern, freuen wir uns, weitere Mitglieder aus allen Berliner Forschungsinstitutionen in die Nachwuchsgruppe aufzunehmen.

## JAHRESBERICHT 2024 DER GAMM-NACHWUCHSGRUPPE

VON MARIUS HARNISCH, KLAS FEIKE, NATALY MANQUE UND JONAS DÜNNEBACKE

TU DORTMUND



Den diesjährigen Auftakt der Aktivitäten der GAMM Nachwuchsgruppe an der TU Dortmund gab Assoc. Professor Stehphan Rudykh (Universität Wisconsin-Madison) mit einem spannenden Vortrag über "*Micro-mechanics and Instability-driven Pattern Formations in Soft Magneto-Active Materials*". Nachdem darauf das mittlerweile zum festen jährlichen Bestandteil gewordene Sommerfest sowie die Promotionssprechstunde folgten, kam die Nachwuchsgruppe anschließend in den Genuss eines Vortrages von Prof. Adam Wosatko (Technische Universität Krakau) zum Thema "*Survey of evolving gradient damage models with different activity functions*". Es folgten weitere Aktivitäten mit der Möglichkeit des wissenschaftlichen sowie persönlichen Austausches, wobei insbesondere die Weihnachtsfeier der Schwestergruppe an der Ruhr-Universität Bochum hervorzuheben ist. Die Nachwuchsgruppe der TU Dortmund folgte der offiziellen Einladung nach Bochum mit großer Freude und konnte so nicht nur einem anregenden Vortrag von Prof. Jörn Mosler (TU Dortmund) beiwohnen, sondern auch wissenschaftliche Kontakte außerhalb der TU Dortmund knüpfen. Die wissenschaftlichen Inhalte wurden durch mathematische Beiträge in Form eines Vortrages von Professor Patrick Henning (Ruhr-Universität Bochum) zum Thema "*Numerical Homogenization by Localized Orthogonal Decomposition*" sowie eines Vortrages von Dr. David Wiedemann (TU Dortmund) mit dem Titel "*On the notion of polyconvexity for isotropic functions*" abgerundet.

In der Vollversammlung wurden drei der vier aktuellen Vorstandsmitglieder offiziell verabschiedet. Fabian Guhr, Sebastian Hillbrecht und Henning Lammen sind aktive Mitglieder der Nachwuchsgruppe seit ihrer Gründung in 2019 und haben sich daraufhin mit außerordentlichem Engagement in wechselnden Positionen im Vorstand beteiligt. Sie alle sind nun in den finalen Zügen ihrer Disseration und scheiden somit als Vorstandmitglieder aus, bleiben der Nachwuchsgruppe jedoch als Senior Mitglieder erhalten. Der neu gewählte Vorstand setzt sich aus Nataly Manque Roa, Jonas Dünnebacke, Klas Feike und Marius Harnisch zusammen. Erfreulicherweise konnte damit erneut ein interdisziplinärer Vorstand gefunden werden, der die interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen Mathematik und Mechanik an der TU Dortmund weiter stärken wird.

Die Aktivitäten der Nachwuchsgruppe an der TU Dortmund befinden sich weiterhin auf einem Höchststand mit zahlreichen aktiven Mitgliedern. Diese erfreuliche Entwicklung beschränkt sich nicht nur auf die Technische Universität. Als Teil der Ruhr-Allianz wurde innerhalb der Nachwuchsgruppen eine starke Vernetzung angestrebt, welche vergangenes Jahr erfolgreich durch gemeinsame Aktivitäten mit der Ruhr Universität Bochum begonnen hat, und dieses Jahr mit der Universität Duisburg-Essen geplant ist. Wir blicken mit großer Freude auf die anstehenden wissenschaftlichen sowie sozialen Aktivitäten.

## JAHRESBERICHT 2024 DER GAMM-NACHWUCHSGRUPPE

VON NINA BERANEK UND ALEXANDER REINHOLD

# U ULM

Das vergangene Jahr war erneut ein erfolgreiches Jahr für die GAMM Nachwuchsgruppe Ulm. Obwohl im Vergleich zum Vorjahr weniger Aktivitäten auf der Agenda standen, durfte die Nachwuchsgruppe fünf Neuzugänge verzeichnen. Gleichzeitig musste sich die Nachwuchsgruppe leider von zwei Mitgliedern verabschieden, die die Universität Ulm im vergangenen Jahr verließen. Insgesamt zählt die Nachwuchsgruppe Ulm nun 18 reguläre Mitglieder (Stand Juni 2024) und somit drei Mitglieder mehr als ein Jahr zuvor.

Im Juli 2023 versammelte sich die Nachwuchsgruppe zu ihrer jährlichen Sitzung. Bei den durchgeführten Wahlen konnten alle Vorstandsämter bestätigt oder neu besetzt werden. Im Anschluss an die Sitzung veranstaltete die Nachwuchsgruppe das traditionelle GAMM BBQ, ein Grillfest, das die Möglichkeit zu einem Austausch in lockerer Atmosphäre bietet.

Im Rahmen des Workshops CSE auf Schloss Reisenburg in Günzburg - einer jährlichen Tagung des Ulmer

Studiengangs Computational Science and Engineering (CSE) - hatte die Nachwuchsgruppe im März 2024 die Möglichkeit, sich und ihre Aktivitäten vorzustellen. Das Kennenlernen der Nachwuchsgruppe bewegte einige Studierende zu einem Beitritt, sodass sich die Nachwuchsgruppe im Nachgang der Veranstaltung über mehrere Neuzugänge freuen durfte.

Im März 2024 konnte sich die Nachwuchsgruppe zudem im Rahmen der GAMM-Jahrestagung mit GAMM und SIAM Nachwuchsgruppen aus anderen Städten Deutschlands vernetzen. Während der Tagung in Magdeburg, an dem der Präsident und die Vizepräsidentin der Nachwuchsgruppe teilnahmen, boten sich vielerlei Gelegenheiten, die Gesichter hinter anderen GAMM und SIAM Nachwuchsgruppen kennenzulernen und sich untereinander auszutauschen.

## JAHRESBERICHT 2024 DER GAMM-NACHWUCHSGRUPPE

BY MAXIMILIAN REICHEL AND SONJA HELLEBRAND

# U DUISBURG-ESSEN

At the beginning of this year, an initiative was launched to establish a GAMM Young Researchers Group at the University of Duisburg-Essen. This initiative received the support and approval of the GAMM board in February. With the aim of a successful and interdisciplinary exchange, we have succeeded in attracting a very diverse group of young researchers from mathematics and mechanics to this project.

The following young scientists were elected to the founding board:

Speaker: Lennart Risthaus (AG Matti Schneider),  
 Second speaker: Tobias Kuhn (AG Carolin Birk),  
 Treasurer: Sonja Hellebrand (AG Jörg Schröder),  
 Secretary: Maximilian Reichel (AG Jörg Schröder).

With the establishment of the Young Researchers Group at the University of Duisburg-Essen, GAMM is now represented by Young Researchers Groups at all three universities of the Ruhr Alliance. To emphasize the idea of strong connections from the start, PD Dr. Tobias Kaiser from TU Dortmund gave the first lecture at the kick-off meeting in May on "An Introduction to Wavelet-FFT-Based Computational Multiscale Approaches." The lecture provided a framework for lively discussions, which continued in a relaxed atmosphere. In this spirit, we at the University of Duisburg-Essen look forward to further active exchange, both within the group and beyond its borders.

## JAHRESBERICHT 2024 DER GAMM-NACHWUCHSGRUPPE

VON KAI BERGERMANN, TOM-CHRISTIAN RIEMER UND THERESA WAGNER

TU CHEMNITZ

Die Chemnitzer GAMM-Nachwuchsgruppe zählt momentan 13 Mitglieder. Wir konnten uns aufgrund der monoton fallenden Studierendenzahl an unserer Universität noch nicht aus dem Pandemie-Loch bzgl. der Mitgliederzahlen unseres Chapters erholen. Dennoch versuchen wir, den Zusammenhalt unserer wenigen Mitglieder mit verschiedenen Aktivitäten zu stärken.

Eines der Highlights war sicherlich unser traditioneller Besuch auf dem Weihnachtsmarkt am 11. Dezember. Diese Veranstaltung bot unseren Mitgliedern die Möglichkeit, in einer entspannten und festlichen Atmosphäre zusammenzukommen. Der gemeinsame Ausflug förderte nicht nur den Teamgeist, sondern ermöglichte es auch, die Beziehungen innerhalb des Chapters

in einer außerakademischen Umgebung zu vertiefen. Ein weiterer bedeutsamer Moment dieses Jahres war die Teilnahme einiger unserer Mitglieder an der GAMM-Jahrestagung in Magdeburg. Diese Konferenz war eine ausgezeichnete Plattform für den Austausch mit anderen Student Chapters und diente dazu, unsere Netzwerke zu erweitern und zu festigen. Besonders wertvoll war die Gelegenheit, Ideen auszutauschen und gemeinsame Projekte zu diskutieren, die zukünftig die Zusammenarbeit zwischen den verschiedenen Chapters unterstützen könnten. Wir blicken zuversichtlich auf das kommende Jahr und planen bereits weitere spannende Aktivitäten und Initiativen.

## JAHRESBERICHT 2024 DER GAMM-NACHWUCHSGRUPPE

VON HENDRIK GEISLER

U HANNOVER

Ein Nachmittag rund um das Thema Space-Time war die erste Aktivität des Jahres. Das Thema Space-Time Methoden ist motiviert aus gemeinsamen Forschungsinteressen und Kooperationen der Institute der Mechanik und Mathematik. Konsequenterweise war das Interesse groß: 26 Masteranden, Doktoranden, Post-Docs bis hin zu einem Juniorprofessor waren anwesend.

Die Professoren Junker und Wick haben durch den Nachmittag geleitet und sich dem Thema aus Sicht der Mechanik und der Mathematik genährt.

Ein reger Austausch aller Anwesenden bei Kaffee und Kuchen hat sich schnell ergeben.

Für dieses Jahr steht auch die Wiederauflage des Science Slams an.

Dieser wird veranstaltet gemeinsam mit den Nachwuchsgruppen aus Hamburg, Bochum und der neuen Gruppe aus Braunschweig.

Insbesondere jungen Nachwuchswissenschaftlern wird eine Bühne geboten, ihre Forschung kurz, prägnant aber auch amüsant zu präsentieren. Ein umfangreiches Rahmenprogramm inklusive eines Impulsvortrags aus der Industrie sowie ein gemeinsames Abendessen sind geplant.

Neu dieses Jahr ist das Pre-Event „How to Science Slam“, das eine Einführung bietet.

Ziel der Aktivität ist die Vernetzung der jungen Mitglieder der GAMM über die Stadtgrenzen hinweg.

## JAHRESBERICHT 2024 DER GAMM-NACHWUCHSGRUPPE

VON KATJA TÜTING

TU BRAUNSCHWEIG

Wir haben die GAMM Nachwuchsgruppe an der TU Braunschweig im Oktober 2023 mit 13 regulären Mitgliedern aus 6 verschiedenen Instituten gegründet und bedanken uns bei unserer GAMM-Repräsentantin Prof. Heike Faßbender für die Unterstützung. Die erste Zeit war durch organisatorische Aufgaben geprägt, darunter auch die Planung unserer Gründungsfeier, die Anfang Mai stattfand. Wir haben alle Mitglieder und Interessierten zu einem gemeinsamen Grillen nach Feierabend eingeladen und ausreichend Getränke und Essen für alle organisiert. Dabei konnten sich die bestehenden Mitglieder in lockerer Atmosphäre austauschen und Interessierte die Nachwuchsgruppe kennenlernen. Gleichzeitig

haben wir die Feier genutzt, um bei uns an der Uni auf die neu gegründete Nachwuchsgruppe aufmerksam zu machen und ein paar neue Mitglieder zu gewinnen.

Zu Beginn der vorlesungsfreien Zeit fand unser erstes Sommerfest statt, bei dem wir uns nun auch fachlich besser kennenlernten. Dafür haben wir Poster zu unseren Forschungsthemen vorbereitet, präsentiert und gemeinsam diskutiert. Für den gemütlichen Teil des Abends steuerten alle etwas zu einem Wrap-Bufferet bei. Außerdem haben wir an dem gemeinsamen Science-Slam der Nachwuchsgruppen in Hannover teilgenommen und die Gelegenheit genutzt, um die anderen Gruppen kennenzulernen.

## JAHRESBERICHT 2024 DER GAMM-NACHWUCHSGRUPPE

VON STEPHANIE BLANKE UND KATHARINA KLIOBA

TU &amp; U HAMBURG



Die Nachwuchsgruppe Hamburg setzt sich aus insgesamt 34 Mitgliedern der Universität Hamburg, der Technischen Universität Hamburg, der Helmut-Schmidt-Universität Hamburg und der Jacobs Universität Bremen zusammen. Im Vorstand gab es Ende 2023 einige Änderung, da viele Mitglieder ihren PhD erfolgreich beendet haben. Das neue Jahr haben wir als Anlass genommen, uns als neuen Vorstand vorzustellen und die Pläne für das Jahr 2024 zu erläutern. Das erste Event ist ein Besuch bei einem IT- und Technologieberatungsunternehmen in Hamburg, der mit

Hilfe einer Alumni des Student Chapters organisiert wurde. Dieser gab einen Einblick in eine mögliche Karriere nach dem PhD und bot außerdem die Möglichkeit etwas zu networken. Desweiteren findet auch dieses Jahr wieder der „GAMM Student Chapter Science Slam“ in Hannover statt. Dieser wurde gemeinsam mit den Student Chapters Hannover, Bochum und Braunschweig geplant und bietet die Möglichkeit über das eigene Student Chapter hinaus neue Kontakte zu knüpfen.

## JAHRESBERICHT 2024 DER GAMM-NACHWUCHSGRUPPE

VON ALEXANDER DYCK UND RAPHAEL SCHOOF

KIT

Nachdem im vergangenen Jahr zwei unserer Mitglieder eine Masterarbeit interfakultativ und interdisziplinär betreut haben (beteiligte Fakultäten: Mathematik und Maschinenbau), konnte im Frühjahr 2024 ein zugehöriges Paper im Journal ‚Computational Mechanics‘ (DOI :10.1007/s00466-024-02499-9) veröffentlicht werden. Ohne die Vernetzung der Mitglieder im Rahmen der Nachwuchsgruppe am KIT wäre weder die Masterarbeit noch die Publikation zustande gekommen.

Die Seminarreihe der Nachwuchsgruppe wurde im zurückliegenden Jahr fortgesetzt. In sieben Vortragsrun-

den, stellten unsere Mitglieder ihre eigene Forschung vor und zur Diskussion. Im Anschluss an die Vorträge gab es immer eine Diskussionsrunde über die vorgestellten Forschungsthemen und ein kleines Beisammensein mit Essen und Getränken.

## JAHRESBERICHT 2024 DER GAMM-NACHWUCHSGRUPPE

VON HENDRIK DORN

RU BOCHUM

Das wissenschaftliche Jahr in Bochum konnte zum wiederholten Male durch die Existenz einer GAMM-Nachwuchsgruppe bereichert werden.

In diesem Jahr stand der Kontakt zu unseren "Geschwister"-Gruppen im Vordergrund. Insbesondere mit der Nachwuchsgruppe aus Dortmund haben wir vermehrten Kontakt pflegen dürfen. Die Dortmunder luden uns bereits im vergangenen Jahr zu ihrem Sommerfest ein, anlässlich der Weihnachtszeit folgte alsbald ein Vortrag von Professor Mosler in Bochum, welcher dann bei Weihnachtsgebäck nachgeklungen hat.

Darüber hinaus wurde durch vorbildliches Engagement einzelner die zweite Auflage des sogenannten "Science Slam" in Hannover organisiert, bei dem die Nach-

wuchsgruppen Hannover, Hamburg, Braunschweig und Bochum aufeinandergetroffen sind.

Im September erwarten wir dann Herr Prof. Matti Schneider zu einem Vortrag in Bochum.

Eine Neuauflage des gemeinsamen Weihnachtsfestes ist dieses Jahr auch wieder geplant.

Wir hoffen, unser Wirken im Rahmen der Nachwuchsgruppe auch in Zukunft mit ähnlichem Elan fortsetzen zu können.

## JAHRESBERICHT 2024 DER GAMM-NACHWUCHSGRUPPE

VON FABIAN KRÖPFL UND TIMO NEUMEIER

U AUGSBURG

Unsere Nachwuchsgruppe besteht nach einigen Abgängen im letzten Jahr derzeit aus elf Mitgliedern und zwei Senior-Mitgliedern.

Im Jahr 2024 konnten wir an die erfolgreichen Aktivitäten des Vorjahres anknüpfen. Das Nachwuchswissenschaftler Seminar, welches als Vortragsreihe und Austauschplattform dient, wurde fortgeführt und bot unseren Mitgliedern eine wertvolle Gelegenheit, ihre Forschungsergebnisse (zum Teil erstmals) zu präsentieren und sich interdisziplinär auszutauschen. Der Forschungshintergrund der organisierenden Mitglieder reicht von Machine Learning über Quantum Computing und High Performance Computing bis hin zu Numerischer Analysis und Angewandter Analysis. Neben dem Seminar gab es regelmäßige Treffen beim Mittagessen und zum Abendessen, die den informellen Austausch und die Vernetzung zwischen unseren Mitgliedern weiter förderten.

Unsere Nachwuchsgruppe war auch in diesem Jahr wieder aktiv mit Forschungsvorträgen auf zahlreichen Konferenzen vertreten. Dazu gehörten unter anderem der Workshop der GAMM Activity Group Analysis of Partial Differential Equations in Eichstätt, das GAMM Seminar on Microstructures in Bochum sowie die GAMM Jahrestagung in Magdeburg.

Für das kommende Jahr ist die Teilnahme an der GAMM Juniors Summer School SAMM 2024 sowie am Workshop der GAMM Activity Group Analysis of Partial Differential Equations in Prag geplant. Darüber hinaus ist für das Jahr 2025 ein mehrtägiger Workshop für Nachwuchswissenschaftler in Sion geplant, um den interdisziplinären Austausch und die Vernetzung weiter zu fördern.

Wir blicken voller Vorfreude auf das kommende Jahr.

# "KNOWLEDGE BRIEFS" VON DEN GAMM JUNIORS

Die "Knowledge Briefs" sind monatliche, 30-minütige Online-Präsentationen, die darauf abzielen, komplexe Themen für jedermann verständlich zu machen, unabhängig von ihrem Fachgebiet. Die Themen werden von aktiven Juniors ausgewählt und von Experten auf diesen Gebieten präsentiert. Jede Präsentation wird von einer 30-minütigen Q&A-Session begleitet, um das Verständnis und die Interaktion zu vertiefen.

Obwohl die aktuellen Juniors die Themen auswählen, sind die Präsentationen für alle Interessierten offen, einschließlich Alumni, die auch Themen für zukünftige Präsentationen einreichen können. Ziel ist es, Wissen für alle zugänglich zu machen, interdisziplinäres Lernen zu fördern und den Austausch sowohl zwischen aktuellen und ehemaligen Juniors zu stärken als auch zwischen den nicht mit den Juniors assoziierten Nachwuchswissenschaftlern.



Um aktiv daran partizipieren zu können und für weitere aktuelle Informationen treten Sie unserem Discord-Kanal bei (<https://discord.com/invite/X69uV5xQ67>)



oder kontaktieren Sie uns direkt unter [juniors@gamm.org](mailto:juniors@gamm.org). Über unseren Discord-Server informieren wir über verschiedene Entwicklungen innerhalb unserer Gemeinschaft und bieten die Möglichkeit zum kontinuierlichen Lernen und dem Austausch zu ehemaligen und aktiven Juniors.

Weiterhin teilen wir solche Informationen zum Teil auch über LinkedIn:

<https://www.linkedin.com/company/gamm-juniors/>

## LINKS ZU FACHAUSSCHÜSSEN UND WEITEREN ORGANISATIONEN

### GAMM

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

Tagungsjahr 2024/2025

95. GAMM Jahrestagung in Poznań  
07.-11. April 2025

<https://jahrestagung.gamm.org>

### Angewandte Operatortheorie

<https://www.mat.tuhh.de/gamm-ot/index.html>

### Dynamik und Regelungstheorie

<https://ifatwww.et.uni-magdeburg.de/syst/GAMMFA/gammfa.shtml>

### Analysis von Mikrostrukturen

<https://iam.uni-bonn.de/aaa2/gamm-fa/>

### Optimierung mit partiellen Differentialgleichungen

<https://gamm.optpde.net>

### Computational Science and Engineering (CSE)

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

### Uncertainty Quantification

<https://tu-chemnitz.de/gamm-uq>

### Angewandte und Numerische Lineare Algebra

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

### Phasenmodellierung

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

### Analysis partieller Differentialgleichungen

<https://uni-regensburg.de/mathematics/partial-differential-equations/index.html>

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

<https://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

<https://www.isd.uni-stuttgart.de/fabiomech>

### Computational and Mathematical Methods in Data Science

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

### Moderne Lehre und Didaktik in der Mathematik und Mechanik

<https://www.im.mb.tu-dortmund.de/cms/de/GAMM/GAMM-FA-Didaktik/index.html>

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.*

## NACHRUF: PROF. DR. ALFRED K. LOUIS

VON BERNADETTE HAHN-RIGAUD, PETER MAASS, ANDREAS RIEDER, THOMAS SCHUSTER

Prof. Alfred Louis ist am 19.07.2024 völlig überraschend an den Folgen eines Herzinfarkts verstorben. Viel zu früh ging damit ein äußerst erfolgreiches und erfülltes Leben als Wissenschaftler und Lehrer zu Ende. Alfred Louis hatte nach seinem Diplom an der Universität des Saarlandes 1972, seiner Promotion 1976 an der Universität Mainz und seiner Habilitation 1982 an der Universität Münster bei Frank Natterer zunächst eine Professur an der Universität Kaiserslautern (1983-1986) bevor er 1986 an die TU Berlin (C4) wechselte. Danach wechselte Alfred Louis 1990 an die Universität des Saarlandes in Saarbrücken und blieb dort bis zu seiner Emeritierung 2014. Nach seiner Emeritierung forschte er zudem noch sechs Jahre im Rahmen einer Seniorprofessur. Bis zuletzt war er noch als Forscher und Gutachter aktiv. Erst vor wenigen Wochen erschien sein letzter Artikel in der renommierten Zeitschrift *Inverse Problems*.

Alfred Louis war einer der international führenden Wissenschaftler auf dem Gebiet der Inversen Probleme, insbesondere der bildgebenden Verfahren. Seine bahnbrechenden Arbeiten zur Computertomographie, zur vereinheitlichenden Theorie der Regularisierungsverfahren, zur Approximativen Inversen sowie zu zahlreichen Anwendungen haben das Fachgebiet nachhaltig geformt.

Bestätigung seiner Reputation waren mehrere Rufe, darunter an die LMU München und die Louisiana State University in Baton Rouge (USA) sowie die Verleihung mehrerer internationaler Wissenschaftspreise. Besonders zu erwähnen ist hier die Goldmedaille des Sobolev Instituts für Mathematik in Novosibirsk (2019) sowie seine Ernennung zum „Chevalier d' Ordre des Palmes Académiques“, der höchsten Auszeichnung der Französischen Regierung für Verdienste um das französische Bildungswesen. Zudem erhielt Alfred



Louis zwei Ehrendokortitel (Universität Bremen, 2012; Novosibirsk State University, 2013).

Alfred Louis war Zeit seines Lebens ein begeisterter und begeisternder Lehrer. Die Klarheit seiner Präsentationen hat mehrere Generationen junger Mathematiker geprägt und zahlreiche seiner Schülerinnen und Schüler sind heute selbst erfolgreiche Professorinnen und Professoren im In- und Ausland. Mit Alfred Louis verliert die Angewandte Mathematik einen ihrer herausragendsten Wissenschaftler und diejenigen, die ihn persönlich kannten, einen wertvollen Menschen, Kollegen und Freund.

## AUFRUF · CALL

### MATERIAL ZUR GESCHICHTE DER GAMM

Seit Frühjahr 2023 wird am Interdisziplinären Zentrum für Wissenschafts- und Technikforschung (IZWT) an der Bergischen Universität Wuppertal die Geschichte der GAMM erforscht. Dr. des. Jason Lemberg führt dazu unter Leitung von Prof. Dr. Volker Remmert (Wuppertal) und Prof. Dr. Moritz Eppele (Frankfurt/M.) derzeit Archivrecherchen durch. Das Projekt untersucht die Organisation und Politik der GAMM als Repräsentant eines zunehmend dynamischen Wissensfeldes in den drei Zeitabschnitten Weimarer Republik, Nationalsozialismus und Kalter Krieg.

Zu diesem Zweck ist der Projektbearbeiter auf der Suche nach solchen Materialien, die neue Erkenntnisse über die Organisation und Ausrichtung der GAMM bzw. über die Geschichte der Angewandten Mathematik und Mechanik in Deutschland den Jahren ca. 1920-1970 versprechen. Die Suche ist sehr grundlegend, richtet sich aber zuerst auf

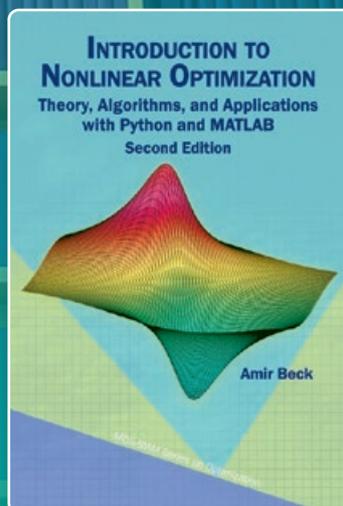
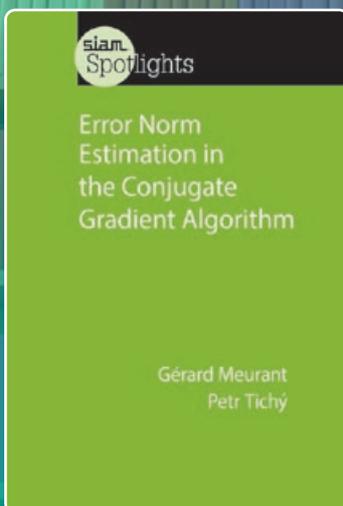
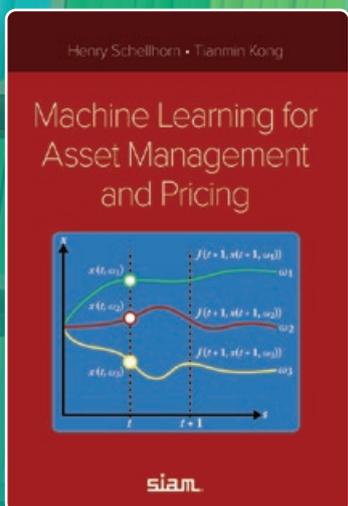
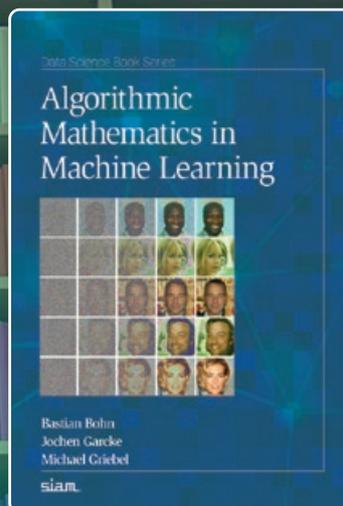
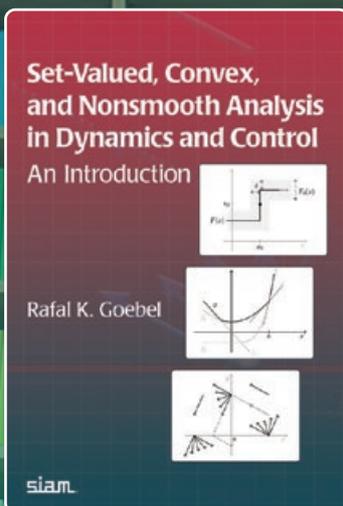
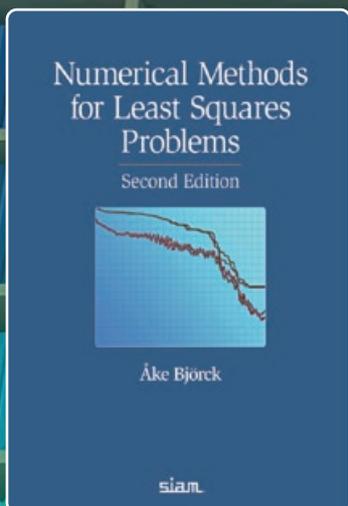
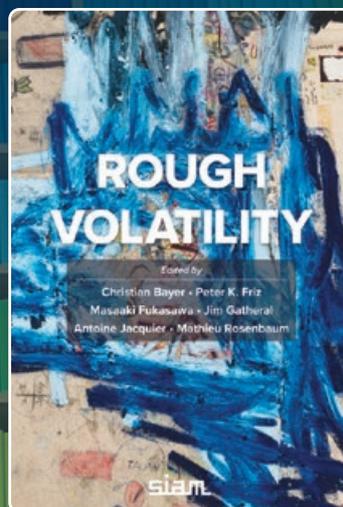
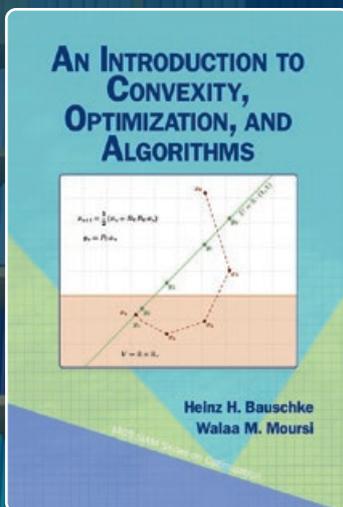
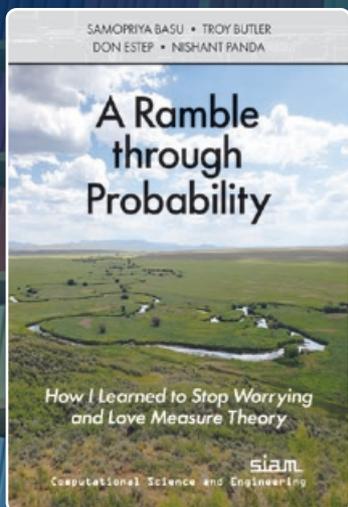
unveröffentlichte Dokumente (z.B. interne Berichte, Briefe, Stellungnahmen, Kalender, Tagebücher). Aber auch sogenannte graue Literatur (z.B. Institutspublikationen wie etwa historische Rückblicke) oder Fotoalben sind von Interesse. Besonders willkommen sind Materialien zur Geschichte der Mechanik und zur Zeit von 1945-1960.

Bitte schicken Sie die Materialien an die Geschäftsstelle der GAMM:

c/o Prof. Dr.-Ing. habil. Michael Kaliske  
Institut für Statik und Dynamik der Tragwerke  
Technische Universität Dresden  
01062 Dresden  
Tel. : +49-(0) 351-463-33448  
Fax. : +49-(0) 351-463-37086  
Mail: info@gamm.org

# Rundbrief Readers

Save up to 30% on these titles & more!



# GAMM MEMBERS



Join thousands of your peers in applied mathematics, computational science, and data science when you join SIAM!

## As a SIAM Member, you'll get:

- Subscriptions to *SIAM News*, *SIAM Review*, and *SIAM Unwrapped* e-newsletter
- Discounts on SIAM books, journals, and conferences
- Eligibility to join SIAM Activity Groups, vote for or become a SIAM leader, and nominate or be nominated as a SIAM Fellow
- The ability to nominate two students for free membership

## You'll Experience:

- Networking opportunities
- Access to cutting edge research
- Visibility in the applied mathematics and computational science communities
- Career resources

## You'll Help SIAM to:

- Increase awareness of the importance of applied and industrial mathematics
- Support outreach to students
- Advocate for increased funding for research and education

“SIAM is the premier professional society for applied and industrial mathematicians. SIAM engages members at all levels through its student chapters, conferences, journals, prizes and awards programs, and member-driven activities. We welcome new members, ideas, and volunteers and are excited to continue growing our service to the community.”

— Sven Leyffer, SIAM President,  
Argonne National Laboratory



Join SIAM today at [siam.org/joinsiam](https://siam.org/joinsiam)

GAMM members who live outside the U.S. get a reciprocal rate that is 30% less than the regular member rate, plus your GAMM dues are discounted to 65€.

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

7/24

## NACHRUF: PROF. DR. ROLF JELTSCH

VON KARSTEN URBAN

Die GAMM trauert um ihren ehemaligen Präsidenten Prof. Dr. Rolf Jeltsch (1945 – 2024), der am 28. Juni dieses Jahres im Alter von 79 Jahren verstarb.

Nach dem Diplom und dem Staatsexamen in Mathematik an der ETH Zürich promovierte Jeltsch im Jahr 1972 ebenfalls an der ETH. Nach Postdoc-Stationen in Kanada und den USA wurde er zunächst Professor an der Ruhr-Universität Bochum und danach an der RWTH Aachen, wo er das Institut für Geometrie und Praktische Mathematik leitete. Im Jahr 1989 erfolgte der Ruf an seine Alma Mater, wo er bis zu seinem Ruhestand im Jahr 2011 als Professor am Seminar für Angewandte Mathematik wirkte.

Rolf Jeltsch wurde bekannt durch zahlreiche Beiträge zu Analysis und Numerik partieller Differenzialgleichungen, insbesondere für kompressible Strömungen und Magneto-hydrodynamik. Dabei hatte er stets die Verbindung von Grundlagen und konkreten Anwendungen im Blick und kooperierte mit Arbeitsgruppen sowohl in der Mathematik als auch den Ingenieurwissenschaften.

Diese interdisziplinäre Ausrichtung spiegelte sich auch in seiner Lehre wider. So war Rolf Jeltsch u.a. maßgeblich an der Einführung des Studiengangs „Rechnergestützte Wissenschaften“ im Jahr 1997 an der ETH beteiligt und wurde so zu einem Vorreiter zahlreicher heutiger Curricula.

Prof. Jeltsch erhielt zahlreiche Ehrungen und war äußerst aktiv in diversen Wissenschaftsorganisationen, u.a. dem *OECD Global Science Forum*, der *International Mathematical Union (IMU)*, dem *Leonhard Euler Center* (u.a. als Präsident), der *Société Mathématique Suisse (SMS)*, u.a. als Präsident), der *European Mathematical Society (EMS)*, u.a. als Präsident), dem *International Council for Industrial and Applied Mathematics (ICIAM)*, u.a. als Präsident) und der GAMM.

Von 1996–2001 war Rolf Jeltsch gewähltes Mitglied des Vorstandsrats, von 2005 bis 2007 Präsident und danach turnusgemäß Vizepräsident der GAMM. In seine Amtszeit fielen u.a. die Erneuerung der sehr tradierten Leitungsstrukturen der GAMM, die Einführung einer Zukunftskommission zur besseren Einbeziehung des wissenschaftlichen Nachwuchses und die Neugestaltung des GAMM-Rundbriefs mit den Herausgebern Carsten Carstensen und Jörg Schröder, beginnend mit der Ausgabe 2/2007. Ein besonderes Augenmerk der Arbeit von Rolf Jeltsch für die GAMM galt der internationalen Ausrichtung. Herausragender Höhepunkt war sicherlich die von ihm initiierte und hauptsäch-



Rolf Jeltsch als Präsident der GAMM bei der Jahrestagung 2007 in Zürich

lich organisierte GAMM-Jahrestagung 2007 an der ETH Zürich, die als eingebettete Tagung im International Congress on Industrial and Applied Mathematics (ICIAM) mit über 3200 Teilnehmenden stattfand.

Die GAMM verneigt sich in Dankbarkeit vor einem herausragenden Kollegen, der sowohl die Gebiete von Angewandter Mathematik und Mechanik als auch deren Verbindung nachhaltig geprägt und gefördert hat. Wir verlieren aber auch einen geschätzten Menschen und Freund, der uns u.a. mit seinem manchmal verschmitzten Lächeln, wie auf dem Bild von „seiner“ Jahrestagung, in guter Erinnerung bleiben wird.

# GAMM 2024 IN MAGDEBURG

VON PETER BENNER, DANIEL JUHRE, THOMAS RICHTER UND ELMAR WOSCHKE

Vom 18. bis 22. März 2024 fand die 94. Jahrestagung der Gesellschaft für Angewandte Mathematik und Mechanik (GAMM) in Magdeburg und damit erstmals in der mehr als 100jährigen Geschichte der GAMM in Sachsen-Anhalt statt. Die Konferenz wurde von Karsten Urban, dem aktuellen Präsidenten der GAMM, sowie Peter Benner als Vertreter der lokalen Organisatoren eröffnet. Grußworte des Rektors der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Jens Strackeljan, eine Videobotschaft des Ministerpräsidenten von Sachsen-Anhalt, Reiner Haseloff, sowie eine musikalische Begleitung durch Schülerinnen und Schüler des Telemann Konservatoriums Magdeburg sorgten für einen festlichen Rahmen.

Wie jedes Jahr wurde die GAMM Jahrestagung mit der Prandtl Memorial Lecture eröffnet. Laurette Tuckerman von der Sorbonne diskutierte hierbei „Turbulent-laminar patterns“. Weitere besondere Highlights der Tagung waren die acht eingeladenen Hauptvorträge, die wie üblich jeweils zur Hälfte aus den Bereichen Mathematik und Mechanik stammten. Maria Giovanna Mora von der Universität Pavia sprach über „Nonlocal interaction problems with anisotropy“, während François Hild von der ENS Paris-Saclay einen Vortrag zu „Contributions of 4D imaging in mechanics of materials“ präsentierte. Karen E. Willcox von der University of Texas at Austin widmete sich dem Thema „Nonlinear manifold approximations for reduced-order modeling of nonlinear systems“ und Michael Beiteltschmidt von der TU Dresden beleuchtete anhand von eindrucksvollen Live-Demonstratoren mit Drohnen die „Dynamics and control of aerial manipulation“. Eric Cancès von der École des Ponts Paris brachte die Herausforderungen der angewandten Mathematik in der Quantenwelt näher mit seinem Vortrag „Conquering the quantum world: old problems and new challenges for the applied mathematics community“. Kerstin Weinberg von der Universität Siegen sprach über „Dynamic fracture simulations with peridynamics and phase-field fracture“, Sven Leyffer von den Argonne National Laboratories thematisierte „Solving massive combinatorial optimization problems with PDE constraints“ und Stefanie Elgeti von der TU Wien erläuterte zum Abschluss der Jahrestagung „Mixed-initiative engineering design“.

Die Ehrung mit dem Richard von Mises Preis ging dieses Jahr an Patrik Knopf von der Universität Regensburg und Marco Salvalaglio von der TU Dresden. Diese Auszeichnung würdigt herausragende wissenschaftliche Arbeiten junger Forscherinnen und Forscher in den Bereichen angewandte Mathematik und Mechanik. Im Rahmen der Richard von Mises Prize Lectures stellten beide, nach den jeweiligen Laudationes durch Harald Garcke

(Universität Regensburg) und Axel Voigt (TU Dresden), ihre Forschung vor. Dabei sprach Patrick Knopf über „The role of dynamic boundary conditions in diffuse-interface models“, während Marco Salvalaglio „Bridging the scales in mechanics: mesoscale modeling of crystals“ beleuchtete.

Ein weiterer Höhepunkt war der öffentliche Vortrag von Peter Streitenberger von der Otto-von-Guericke-Gesellschaft Magdeburg. Unter dem Titel „Vakuum und Luftdruck - Otto von Guericke und die wissenschaftliche Revolution im 17. Jahrhundert“ präsentierte er spannende Experimente, die die historischen Leistungen von Otto von Guericke eindrucksvoll demonstrierten. Am Ende der Versuchsreihe im Physik-Hörsaal der nach Otto von Guericke benannten Universität stand sogar der Halbkugelversuch, bei dem die üblicherweise dort zum Einsatz kommenden Kaltblüter durch an der GAMM Jahrestagung teilnehmende Mathematiker und Mathematikerinnen sowie Mechaniker und Mechanikerinnen, einschließlich des Präsidenten der GAMM, ersetzt wurden.

Am ersten Abend fand die Welcome Reception in der Johanniskirche statt, einer ehemaligen Kirche im Stadtzentrum Magdeburgs, in der schon Martin Luther predigte und die nun als Veranstaltungsort genutzt wird. Diese besondere Location, die von der Oberbürgermeisterin Magdeburgs, Frau Simone Borris, persönlich vorgestellt wurde, bot den Teilnehmenden eine einzigartige Atmosphäre für erste Gespräche und Vernetzungen. Das Konferenzdinner fand in der Festung Mark statt, einem Teil der historischen Festungsanlage rund um Magdeburg. Diese beeindruckende Kulisse bot den idealen Rahmen für den gesellschaftlichen Höhepunkt der Tagung, bei dem die Teilnehmenden in entspannter Atmosphäre miteinander ins Gespräch kommen konnten.

Besonders hervorzuheben ist die auch bei der Jahrestagung 2024 wieder sehr hohe Beteiligung von jungen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern. Neben zahlreichen Vorträgen in den traditionellen Sektionen der GAMM Jahrestagung fanden fünf Young Researchers Minisymposia statt, die ein breites Spektrum der Mechanik und Mathematik sowie deren Verbindung und Anwendungen abdeckten und den Nachwuchsforschenden eine Plattform für den Austausch und die Präsentation ihrer Arbeiten boten.

Insgesamt wurden während der Tagung fast 800 Vorträge gehalten und nahezu 1000 Teilnehmende aus über 30 Ländern nahmen in Magdeburg teil. Die hohe inter-



nationale Beteiligung und die Vielzahl an präsentierten Forschungsarbeiten unterstreichen die Bedeutung der GAMM-Jahrestagung als eine der wichtigsten Plattformen für den Austausch in den Bereichen angewandte Mathematik und Mechanik.

Die Organisation der Tagung wurde von einem engagierten Team aus Kolleginnen und Kollegen der Fakultäten für Maschinenbau und Mathematik der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg sowie dem Magdeburger Max-Planck-Institut für Dynamik komplexer technischer Systeme durchgeführt. Besonders hervorzuheben ist die Unterstützung durch Promovenden und Post-Docs verschiedener Arbeitsgruppen, die maßgeblich zum Erfolg der Tagung beigetragen haben.

Die 94. Jahrestagung der GAMM in Magdeburg war somit ein voller Erfolg und bot eine hervorragende Gelegenheit für den wissenschaftlichen Austausch und die Vernetzung innerhalb der Fachgemeinschaft. Besonders beeindruckend waren die aktive Teilnahme und der Enthusiasmus der jungen Forschenden, die mit ihren innovativen Beiträgen und Diskussionen einen wichtigen Teil zum Erfolg der Tagung beitrugen. Wir freuen uns bereits auf die nächste Jahrestagung in Poznań und sind gespannt auf die kommenden wissenschaftlichen Beiträge und Diskussionen.



# GAMM 2024 IN MAGDEBURG





# GAMM 2024 MAGDEBURG: OPENING SPEECH

KARSTEN URBAN, GAMM PRESIDENT

***Ladies and Gentlemen,  
dear GAMM members and colleagues,***

on behalf of the board, I cordially welcome you to the 94th annual meeting of the GAMM, the International Association for Applied Mathematics and Mechanics in Magdeburg. It is a pleasure to particularly welcome

- the Rector of the Otto von Guericke University Professor Strackeljan,
- the Director of the Max-Planck-Institute Professor Sundmacher,
- the Deans of several faculties
- the Presidents of national and international partner organizations, in particular
- the President of the Society of Industrial and Applied Mathematics, Prof. Leyffer and
- the President of the German Mathematical Society, Prof. Escher.

Welcome to all of you!

It is for the first time after the end of the pandemic that we continue our long-standing tradition of meeting in spring. Additionally, it is for the first time ever that the GAMM annual meeting takes place in Magdeburg, the capital of Saxony-Anhalt with its long history dating back to Charlemagne.

This conference is made possible by to the close cooperation of the colleagues at Otto von Guericke University and the Max-Planck-Institute located here in Magdeburg. The main organizing team consisting of Peter Benner, Daniel Juhre, Thomas Richter and Elmar Woschke spans not only from the University to the Max-Planck-Institute, but also across the disciplines Applied Mathematics and Mechanics. Both is at the heart of our association.

Anyone here in the room who ever organized a conference of this size with its many constraints and such a long tradition, knows how much hard work is happening behind the scenes. On behalf of all participants and all GAMM-members thank you all here in Magdeburg for the great effort it took to welcome us to this conference.

The program committee carefully selected the plenary lecturers and managed to establish a scientific program of outstanding quality including minisymposia, sections, poster sessions and many other activities. I am particularly grateful that all plenary lecturers will be here in person – the local organizing committee mastered this challenge! Even though I fully support GAMM's sustainability strategy

for all our activities including the annual meeting, I am convinced that scientific exchange in person makes a difference. Hence, I particularly call on the younger scientists in the audience: Please use the chance to talk and discuss with all these people, whose names you may only know from papers, but who you have never met in person yet. It had been a GAMM tradition that there were no questions after plenary talks. This will be different this year. Hence, please pose your questions and also use the opportunities during the breaks or at the conference dinner. Science is based upon exchange.

Our annual meeting has always been an open marketplace for ideas and exchange in particular for young scientists, which we also see here today. However, GAMM offers much more. In fact, our GAMM Juniors and our GAMM student chapters have continued their excellent work, also in combination with this meeting. The GAMM Juniors will give a short presentation today right after the Prandtl lecture. I would like to thank all young researchers, who actively support GAMM: You are the present and the future our community!

We are grateful that several former GAMM Juniors are now active full members. In fact, besides deepening and continuing GAMM's excellent scientific work, attracting young scientists in all fields of Applied Mathematics and Mechanics remains one of our main goals. Talking to young people about this, I often heard the question: "what is my personal benefit from joining GAMM and paying an annual fee of 55 Euros?"

First, I always mention all the GAMM-benefits both for those who plan an academic career as well as for those aiming to work in the industry or economy. I am absolutely sure that GAMM is worth much more than 55 Euros per year or even the 100 Euros for members older than 32 years of age.

But I also want to make a different point, which applies to scientists of all ages. I am shocked by anti-democratic and nationalist tendencies threatening and excluding individual persons as well as whole groups. Science is based upon cosmopolitanism, international cooperation, democracy, the rule of law, self-determination, diversity as well as the freedom of research and teaching. A main objective of science and research is to strive for knowledge-based findings. Luckily, an increasing number of people have understood that these values are worth standing up for. GAMM is much more than a career ladder in academia. It is an environment to support scientific excellence and exchange in an open, respectful, and responsible manner. I am deeply convinced that communities and associations



like GAMM are capstones of our free democratic basic order. Thus, my second answer to the question of a potential personal benefit of a GAMM membership is: “wouldn’t it be worthwhile to support knowledge-based research in a world of increasing fake news?”

GAMM works towards these goals not only through our annual meetings, our support of young scientists, the scientific awards, and our various publications. Maybe a key selling point of GAMM is the existence of our activity groups, called “Fachausschüsse”. We have currently 17 such activity groups working on state-of-the-art and highly future-relevant topics in various fields combining Applied Mathematics and Mechanics including their didactics. Moreover, GAMM continues to strengthen our international collaboration. In that regard, we are very grateful to GAMM’s national section in Poland for their kind invitation to host our 95th annual meeting in Poznan next year.

This is my second annual meeting as president of GAMM. It has continued to be a great honor and pleasure to serve our association. The pleasure was and is mainly due to the cooperation with all dear colleagues serving on the GAMM boards. Not to forget, the good soul and mother of GAMM company, Doreen Göhlert, who does not only run the GAMM office, but has also managed to cope with the current GAMM president. On behalf of all GAMM members, thank you, Mrs. Göhlert!

Ladies and gentlemen,  
again, a warm welcome to the 94th annual meeting. I wish us all a scientifically excellent and socially successful, interesting, and exciting meeting here in Magdeburg.

# RICHARD-VON-MISES-PRIZE 2024

## LAUDATIO DR. PATRIK KNOPF

VON HARALD GARCKE



Dear Ladies and Gentlemen,

it is with great pleasure that I take the opportunity to introduce Patrik Knopf to you, who is the winner of the Richard-von-Mises Prize 2024.

Patrik Knopf is a leading young researcher in the fields nonlinear partial differential equations, mathematical models in continuum mechanics, optimal control and shape optimization. His work is characterized by the interplay of applied analysis, mathematical modeling and mechanics and connects deep mathematical understanding with challenging practical applications. His research themes are very broad, and he derives new mathematical descriptions for physical phenomena and provides rigorous mathematical proofs for the derived models. As an example, let us consider two-phase (and more generally multiphase) flows and here, in particular, the relevant boundary conditions. For standard choices, limitations arise concerning the treatment of wetting/dewetting due to a fixed and non-physical contact angle, as well as concerning the exclusion of possible ad-/desorption type processes at the domain boundary. Patrik Knopf came up with new ideas for the governing boundary conditions.

Patrik studied Technomathematics from 2008 to 2015 in Bayreuth. Under the supervision of Gerhard Rein he then did his PhD in Bayreuth about optimal control of a Vlasov-Poisson plasma by an external magnetic field. This is particularly important for nuclear fusion reactors, which are used in fusion power plants to generate energy. External magne-

tic fields, which are generated by magnetic coils and control the hot plasma, must be adjusted, so that it stays away from the wall of the reactor. This is because it could cool down at the reactor wall on contact, which would interrupt the fusion process and at the same time, the hot plasma could also damage the wall of the fusion reactor.

After having finished his doctoral thesis in 2017 he joined my group in Regensburg. We were able to identify a gradient flow structure for a new Cahn-Hilliard system with dynamic boundary conditions introduced by Liu and Wu. Liu and Wu were only able to show existence of solutions under quite restrictive assumptions. With the help of the gradient flow perspective, it was possible to show existence results in natural energy spaces. Chun Liu became interested in these results and invited Patrik to visit him in Chicago for a longer period. Out of this research stay new results appeared which allowed it to obtain a general picture of phase field dynamics with transfer of materials at the boundary. These ideas are also important for phase field approaches for the evolution of contact lines in fluid dynamics. In the last years he worked on several topics in the fields nonlinear partial differential equations, calculus of variations, optimization and numerics.

Patrik Knopf also has important results with applications to tumor growth. With Matthias Ebenbeck he worked on optimal control problems for tumor growth models - results which appeared in excellent journals, and which are very well cited.

With Joachim Escher, Chistina Lienstromberg and Bogdan Matioc he worked on free surface waves for Euler equations and with Andrea Signori from Pavia he also worked on nonlocal phase field problems. Together with Sema Yayla (Ankara) and myself, Patrik Knopf studied the long-time behavior of general systems of Cahn-Hilliard equations with dynamic boundary conditions. Here, also the existence of a global attractor has been shown and the Łojasiewicz-Simon inequality has been used to show that solutions for large times converge to a single stationary point. This demonstrates that Patrik Knopf can also substantially develop new results in the context of the qualitative theory of dynamical systems.

Other works of Patrik Knopf deal with magneto-viscoelastic fluids and shape and topology optimization with phase field methods. The latter theme also leads to a new phase-field version of the Faber-Krahn theorem which Patrik Knopf



showed together with Paul Hüttl and Tim Laux. His results on spectral shape optimization have important applications for controlling eigenfrequencies in elastic structures. Specially, this includes bridges or aircraft wings, for example, which must be designed to withstand external forces and vibrations (oscillations) as well as possible. He recently also studies phase field approach for anisotropic solid-state dewetting with important applications to epitaxial crystal growth.

The strongest results of Patrik Knopf are on the Vlasov-Poisson system (also new recent results with Weber) and the new results on two-phase flows with bulk-surface interaction. In a recent contribution with Andrea Giorgini he introduced a new two-phase flow model with bulk-surface interaction, which in particular leads to a new approach to the evolution of contact lines for two phase flows. Research on this topic is done within a DFG project granted for Patrik Knopf.

The work of Patrik Knopf has already now influenced many research activities within applied mathematics, which is demonstrated by the fact that he collaborates with researchers world-wide.

The high interest of other research groups in the work of Patrik Knopf is also reflected in the many citations of his publications. He has published 23 publications in excellent and leading journals, like SIAM Journal of Mathematical Analysis, Calculus of Variations and Partial Differential Equations, Journal of Different Equations and Communications in Partial Differential Equations and several pre-prints are at submission stage. The more than 210 citations in MathSciNet and the 360 citations in google scholar within a few years show, that his work is very much appreciated by the scientific community. For a mathematician of his young academic age, this is an excellent achievement and underlines his high scientific potential. By connecting intricate mathematical methods with relevant applications, Patrik Knopf has a large impact on mathematics, mechanics and the natural sciences.

Dear colleagues, let us congratulate Patrik Knopf on his scientific achievements and, in particular, on receiving the 2024 Richard-von-Mises Prize.

# RICHARD-VON-MISES-PRIZE 2024

## LAUDATIO MARCO SALVALAGLIO

VON AXEL VOIGT



Dear Ladies and Gentlemen,

It is a great pleasure to announce the next speaker. The prize winner of this year's Richard von Mises prize is Marco Salvalaglio.

When we got informed that Marco Salvalaglio will receive this prize, Markus Kästner and I, who suggest Marco Salvalaglio together, were wondering if this is for his contributions in Applied Mathematics or in Mechanics? I think it is respecting his career and his research, which is truly on the intersection of both fields, that this has not been specified.

Marco Salvalaglio studied Physics at the University of Milano-Bicocca. After that he got a PhD from the same university, but now in Materials Science. What followed was an Alexander von Humboldt Postdoctoral Fellowship jointly at the Faculty of Mathematics at TU Dresden und the Leibniz Institute for Microelectronics in Frankfurt/Oder. After that he stayed within Mathematics at TU Dresden, had internships at Aalto University in Finland and the City University in Hong Kong and since 2021 leads his Emmy Noether Research Group, still within the Faculty of Mathematics at TU Dresden.

It was already during his Humboldt Fellowship, which was on modeling of growth phenomena for semiconductors, that Marco Salvalaglio got interested in so-called Amplitude equations. He started developing numerical algorithms to solve these equations and over the years made this research topic to one of his primary activities. His Emmy-Noether research group is on this topic and he receives the Richard von Mises prize for his ground breaking work in this field in mathematical modeling, developing numerical algorithms and applying it in mechanics.



If we think about multiscale methods, we might have in mind passing information from one model to the other, like the quasicontinuum method or multiscale finite element methods, but there are also other multiscale approaches, which consider coarse-graining and reconstruction of information. The Amplitude equations are one example. Considering a classical atomistic description of a crystalline material by molecular dynamics, one is bounded by severe time step restrictions. This can be overcome by instead considering a probability density for the position of atoms over time. The resulting model which treats this as an unknown is the Phase-Field-Crystal model. While it operates on diffusive time scales it still requires an atomistic resolution in space. To overcome this one can use the symmetry of the crystalline lattice to coarse-grain in space, which leads to the Amplitude equations. This set of highly nonlinear complex partial differential equations now allow to describe crystalline materials on mesoscopic length scales taking atomistic details into account.

Marco Salvalaglio can explain this much better and will show us the huge potential resulting from his contributions to this field. I look forward to listen to your talk.

Vodice



ECCOMAS:  
European Community  
on Computational Methods  
in Applied Sciences



Special Interest Conference

## 11<sup>th</sup> ICCSM

11<sup>th</sup> International Congress of  
Croatian Society of Mechanics

Vodice (Šibenik), Croatia, September 30 – October 3, 2025

### Important Dates

Abstract submission:	April 25, 2025
Abstract acceptance:	May 9, 2025
Full paper submission (optional):	May 31, 2025
Early registration:	May 31, 2025
Special session organization:	Contact us

### Congress Co-Chairs

Marko ČANADIJA, U Rijeka • Leo ŠKEC, U Rijeka

### Organizing Committee

Marino BRČIĆ, U Rijeka • Vedrana CVITANIĆ, U Split •  
Darko DAMJANOVIĆ, U Sl. Brod • Antonia JAGULJNJAK-  
LAZAREVIĆ, U Zagreb • Gordan JELENIĆ, U Rijeka •  
Dražan KOZAK, U Sl. Brod • Hrvoje KOZMAR, U Zagreb •  
Ivica KOŽAR, U Rijeka • Lovre KRSTULOVIĆ-OPARA, U  
Split • Silva LOZANČIĆ, U Osijek • Ivica SKOZRIT, U Zagreb  
• Jurica SORIĆ, U Zagreb • Zdenko TONKOVIĆ, U Zagreb

### Congress Technical Organizer

URKA d.o.o. – Perfectmeetings.hr • Contact person: Nina  
Dumančić • [nina.dumancic@perfectmeetings.hr](mailto:nina.dumancic@perfectmeetings.hr)

More info  
[csm.hr/iccsm2025](http://csm.hr/iccsm2025)



Contact  
[iccsm2025@csm.hr](mailto:iccsm2025@csm.hr)



Under the auspices of



Central European Association  
for Computational Mechanics



[csm.hr/iccsm2025](http://csm.hr/iccsm2025)

# LAUDATIO LAURETTE TUCKERMAN

VON DOMINIQUE THÉVENIN



When I was asked to be the chair for Laurette during the Prandtl Memorial Lecture, I was not at all aware that I would also need to give this short “dinner talk” about her life and achievements. This is really difficult for me. In fact, I do not know Laurette very well; our ways did not cross that often... Fortunately, I have good friends in France who know (almost) everything about Laurette – so that I will try it. But my friends immediately warned me:

Laurette is very kind and helpful, but also extremely rigorous. Do not tell anything if you are not absolutely sure it is true! And be careful with your poor English (I am just a French)! Laurette, born in New York, an American citizen with studies in Princeton and MIT, tries her best to improve the English competences of all her French colleagues. On her personal webpage, she published a long list of errors a French scientist should avoid in English. I have done my best to double-check the present text with this list, but I hope she will forgive me if I fail...

Now, let us come back to Laurette. It is very good to have her today, here, in Germany – and looking back at history, it

is not obvious at all. Member of a Jewish family, the French mother of Laurette, Anne Weill Tuckerman, successfully managed to flee from Paris to the USA when the German troops took control over France in 1942 – and this most probably saved her life, while so many other Jews were killed. The mother of Laurette became a journalist for the Agence France Presse covering the United Nations, and this explains why Laurette was finally born in New York – and is both a French and an American citizen. Again, you can learn more about the mother and the whole family of Laurette from her personal Website – a very interesting story.

After brilliant studies in Applied Mathematics at Princeton and MIT, Laurette came to France just after her PhD. Unfortunately, all my sources of information did not know Laurette yet at that time – so I will not be able to say more about that. She then went back to Univ. of Texas in Austin, before returning more or less permanently to France in 1994, first to join a large research group called LIMSI. I already mentioned this morning as Chairman the major keywords of her research: dynamic systems, hydrodynamic stability, bifurcation theory, but also computational fluid dynamics. And this means not only first-class research! Again, on her personal website, you can find many lecture notes and explanatory documents, certainly very helpful for generations of interested students. Obviously, Laurette is keen to communicate her knowledge and to bring everybody further. She has been delivering lectures at the most well-known universities in the world, for instance in France at the Ecole Normale Supérieure, as well as at the Ecole Polytechnique (where I personally also graduated, but unfortunately several years before Laurette started teaching there...).

She has considered during her career many different configurations, going with time from Rayleigh-Bénard convection to Couette and Taylor-Couette flows, and more recently to the turbulence spots that have been presented extensively during the Prandtl Memorial lecture this morning.

Let me finish with a more personal note. Certainly, after the great lecture of this morning, Laurette should get proper recognition! But this is even more true knowing that she will celebrate her birthday in just 5 days from now... This is why I have prepared small gifts – though I must admit that I am not sure what Laurette likes eating and drinking; so more on the symbolic side: 1) the very famous hemispheres of Magdeburg – but in chocolate, showing the incredibly successful experiment of Otto von Guericke to explain and demonstrate the existence of vacuum and the effect of atmospheric pressure; 2) and the official wine of our university, to prove to a French citizen that red wine does exist also in Germany.

And, finally, 3) a book on Leonhard. To understand, you need to know that Laurette and her husband have three children, two girls and a boy – now grown-up. The youngest one is



called Leonard – so that I could not resist the temptation of offering a book on Leonhard – Euler, of course. I hope it might be of interest for all the family!

Let me finish by telling Laurette how much I admire her. There are certainly many reasons for that. A first-class research work, a brilliant scientific career, a certainly thrilling life over different countries and continents, a broad variety of talents... – perhaps I should mention here that Laurette is also proficient in American Contra Dance (somehow similar to the Square Dance you might know).

No, the central reason for my deepest admiration is different. If you again open the personal website of Laurette, switch to the menu “Family”, you will find there a variety of pictures from all her children at various stages of their lives, from babies to grown-up kids. I have shown this to my own children, and they told me: “Papa, do not even think of it, never try that, or you will not survive to see the next day”.

So, obviously, Laurette managed, here also, something that I will never be able to do... And with this last statement of my admiration – and I am sure you share it, I will let you enjoy further the evening and this delicious meal, while discussing with your neighbors a citation of Laurette taken from the Normale Physics Review in 2021: “The subdivisions of physics, chemistry and biology date from the mid 19th century. But today, it should not be necessary to decide whether what you are doing is called math or physics or pure or applied physics or chemistry or engineering. Call yourself a natural philosopher and a seeker of truth.” I believe this is exactly in the line of the GAMM idea since its foundation. I wish you lively discussions on that. Thank you!

# BESCHLUSSPROTOKOLL ZUR MITGLIEDERVERSAMMLUNG 2024 DER GESELLSCHAFT FÜR ANGEWANDTE MATHEMATIK UND MECHANIK E.V.

Die Mitgliederversammlung der GAMM fand während der Jahrestagung 2024 am Mittwoch, dem 20. März 2024, in der Zeit von 11.30 – 13:00 Uhr, im Hörsaal H1, Gebäude 26, der Otto von Guericke Universität Magdeburg statt. Zu Beginn der Veranstaltung waren 135 Mitglieder anwesend.

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

Alle Mitglieder wurden satzungsgemäß unter Angabe der Tagesordnung Anfang Februar 2024 schriftlich eingeladen.

## Tagesordnung

- 1 Bericht des Präsidenten
- 2 Bericht der Schatzmeisterin
- 3 Bericht der Kassenprüfer
- 4 Entlastung des Vorstands
- 5 Wahlen
  - a. Mitglieder des Vorstandsrates
  - b. Kassenprüfer
- 6 Mitgliedsbeiträge
- 7 Fachausschüsse
- 8 Verschiedenes

## 1. Bericht des Präsidenten

Die Mitgliederversammlung gedenkt der im letzten Jahr verstorbenen Mitglieder der Gesellschaft.

Der Präsident Karsten Urban informiert über

- die Vorstandstätigkeit
- die Mitgliederbewegungen,
- das Projekt zur Geschichte der GAMM
- die GAMM-Publikationen,
- die Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses,
- die GAMM-Jahrestagungen,
- die Gliederungen der GAMM,
- die GAMM-Fachausschüsse,
- die lokalen Repräsentant\*innen
- die GAMM-Preise.

## 2. Bericht der Schatzmeisterin

Der Kassenbericht für den Zeitraum vom 01.01.2023 bis 31.12.2023 wird von der Schatzmeisterin Andrea Walther vorgestellt. Aufgrund der Vereinbarung mit dem Wiley-Verlag basierend auf dem DEAL-Abkommen konnte eine zusätzliche Einnahme von 100.000 € erzielt werden, die zu einer Mehreinnahme von 80.219,82 € für 2023 führte.

## 3. Bericht der Kassenprüfer

Der Kassenprüfer Michael Beiteltschmidt stellt den schriftlich vorliegenden Bericht der Prüfer 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

Diskussionsbedarf besteht nicht. Der Antrag auf Entlastung des gesamten Vorstands wird gestellt und einstimmig beschlossen.

## 5. Neuwahlen

Der Vizepräsident Jörg Schröder stellt das Wahlergebnis der ausschließlich online durchgeführten Wahl vor.

### Mitglieder des Vorstandsrats

- Prof. T. Ricken, Stuttgart, Festkörpermechanik, nicht wieder wählbar
- Prof. H. Hetzler, Kassel, Dynamik, Regelungstheorie, wieder wählbar
- Prof. R. Herzog, Chemnitz, Mathematik, nicht wieder wählbar

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

### Mitglieder des Vorstandsrats

Festkörpermechanik		
Alexander Düster	444 Stimmen / 8 dagegen	(69 Enth.)
Mathematik		
Andrea Barth	330 Stimmen	(53 Enth.)
Anton Schiela	138 Stimmen	(53 Enth.)
Dynamik, Regelungstheorie		
Hartmut Hetzler	420 Stimmen / 9 dagegen	(92 Enth.)



Die jeweilige Amtszeit beginnt am 1. Januar 2025 und endet am 31. Dezember 2027. Alle gewählten Personen hatten sich zur Ausübung des Amtes im Fall der Wahl bereit erklärt.

Der Vizepräsident dankt den ausscheidenden Mitgliedern des Vorstandsrats für die engagierte Mitarbeit.

#### **Kassenprüfer**

Einstimmig werden die Kassenprüfer für ein weiteres Jahr in offener Abstimmung gewählt.

### **6. Mitgliedsbeiträge**

Zu diesem TOP liegt kein Beitrag vor.

### **7. Fachausschüsse**

Der Vizesekretär Ralf Müller berichtet über die Evaluierung der Fachausschüsse „Computational and Mathematical Methods in Data Science“ (M. Stoll, Chemnitz; A. Klawonn, Köln), sowie die Wiedereinrichtung nach regulärer Beendigung der Fachausschüsse „Angewandte und

Numerische Lineare Algebra“ (E. Carson, Prag; M. Freitag, Potsdam), „Phasenfeldmodellierung“ (L. de Lorenzis, Zürich; A. Voigt, Dresden) und „Analysis partieller Differentialgleichungen“ (D. Knees, Kassel). Stefan Hartmann stellt den Fachausschuss „Experimentelle Festkörpermechanik“ im Plenum vor. Der Fachausschuss „Numerische Analysis“ wird von Lars Grasedyck präsentiert.

### **8. Verschiedenes**

Es liegen keine Wortmeldungen vor. Der Sekretär Michael Kaliske dankt für die Teilnahme an der Mitgliederversammlung und lädt zur nächsten Mitgliederversammlung am 9. April 2025 in Poznań ein.

Karsten Urban  
Präsident  
Ulm, 5. Juli 2024

Michael Kaliske  
Sekretär  
Dresden, 8. Juli 2024

(vorläufiges Protokoll)

# BERICHT ZUR MITGLIEDERVERSAMMLUNG

## MITGLIEDERVERSAMMLUNG AM 20. MÄRZ 2024, 11.30 UHR IN MAGDEBURG

### VON KARSTEN URBAN

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

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

Wie im Vorjahr ist es mir ein großes Bedürfnis, dem Sekretär, dem Vizesekretär und Frau Göhlert in der Geschäftsstelle für die sehr gewissenhafte Vorbereitung dieser Mitgliederversammlung und der online-Wahlen zu danken.

#### **Verstorbene Mitglieder**

Meine sehr verehrten Damen und Herren, ohne den Einsatz und das Engagement unserer Mitglieder wäre die GAMM nicht das, was sie ist. Es schmerzt daher um so mehr, geschätzte Kolleginnen und Kollegen aus unserem Kreise zu verlieren. Ich bitte Sie, soweit möglich, sich zum Gedenken an unsere verstorbenen Mitglieder zu erheben.

Es ist mir eine schmerzliche und traurige Pflicht Ihnen mitteilen zu müssen, dass seit dem letzten Jahrestreffen folgende Kolleginnen und Kollegen aus dem Kreis der GAMM verstorben sind. Es handelt sich dabei um folgende Mitglieder:

- Dr. Wolfgang Höppner, Berlin
- Dr.-Ing. Gerd Habedank, Seeheim-Jugenheim
- Dr. Viktor Denk, Kranzberg
- Prof. Dr. Eveline Gottzein, Höhenkirchen-Siegertsbrunn
- Dr. Jürgen Kux, Hamburg
- Prof. Dr.-Ing. Josef Betten, Aachen-Verlautenheide
- Prof. Dr. Gert Böhme, Bremen
- Dr. Herbert Niessner, Baden-Rütihof

Wir werden den Verstorbenen ein ehrendes Gedenken bewahren. Ich bitte Sie, der genannten und allen anderen verstorbenen Mitgliedern in einem Moment der stillen Anteilnahme zu gedenken.

Ich danke Ihnen sehr.

Nun zu meinem Bericht.

#### **Vereinstätigkeit**

Wie im vergangenen Jahr bin ich nach Dresden gereist, um die Geschäftsstelle zu besuchen, dieses Mal vom 12.-14.12.2023. Allerdings habe ich die Zeit in Dresden aufgrund einer Corona-Infektion im Hotel verbracht. Auch wenn ich mir daher kein Bild vor Ort machen konnte, ist

es mir ein großes Bedürfnis, für die hervorragende Arbeit von Frau Göhlert und Michael Kaliske zu danken, ohne die vieles, sehr vieles in der GAMM nicht möglich wäre.

Die bei der letztjährigen Mitgliederversammlung einstimmig beschlossene Satzung wurde beim Amtsgericht Dresden eingereicht und ist in das dortige Vereinsregister eingetragen. Die Satzung ist auf englisch übersetzt und in beiden Sprachen auf der GAMM-Homepage veröffentlicht. Der Vorstandsrat hat eine neue Gesellschaftsordnung und eine überarbeitete Wahlordnung beschlossen. Vorstand und Vorstandsrat haben sich Arbeitsordnungen gegeben. Alle Ordnungen und Satzungen sind auch auf unserer Internet-Seite veröffentlicht, in deutscher und englischer Sprache.

Es hat sich bewährt, dass die neue Satzung der GAMM nur die fundamentalen Dinge regelt und der Vorstandsrat die Gesellschaftsordnung anpassen kann, ohne den kostspieligen Gang zu Notar und Vereinsgericht beschreiten zu müssen. Diese Ordnung ist keine Vereinsmeierei, sondern dient der Transparenz, da dort alle Prozesse und Abläufe in der GAMM beschrieben sind. Es ist ein lebendes Dokument, so hat der Vorstandsrat jüngst die Gesellschaftsordnung u.a. in folgenden Punkten geändert:

Bezeichnung GAMM-Juniors

Institutionalisierte Vertretung von Nachwuchswissenschaftlerinnen und Nachwuchswissenschaftlern im Vorstandsrat

Modalitäten bei der Nominierung von Kandidat\*innen für den Richard-von-Mises-Preis

Kostenfreie Mitgliedschaft von Mitgliedern von studierenden und promovierenden GAMM-Nachwuchsgruppen

Der Vorstand hat sich zu online-Sitzungen am 22. September 2023, am 1. Dezember 2023 und in Präsenz in Posen vom 11. bis 14. Januar 2024 getroffen. Dabei waren wir von der Gastfreundschaft und der Professionalität unserer polnischen Gastgeberinnen und Gastgebern tief beeindruckt. Mietek, an dieser Stelle ein großes Dankeschön!

Der Vorstandsrat hat online am 6. Oktober 2023 und am 15. März 2024 getagt, in der erweiterten Runde mit allen GAMM-Vertreter\*innen bei anderen Organisationen in Präsenz am 18. März 2024. Diese häufigeren Sitzungen haben sich bewährt.

Der Vorstand hat eine Ausschreibung zur Förderung besonderer Aktivitäten der Fachausschüsse veröffentlicht, aufgrund derer Workshops und Schulen von drei Fachausschüssen finanziell gefördert werden konnten.

Es liegt ein erster Entwurf eines professionellen GAMM-Werbe-Plakats zum Aushang in allen Fachbereichen vor, die Finalisierung wird noch in diesem Jahr geschehen. Das Plakat wird dann an alle lokalen GAMM-Repräsentant\*innen gesendet.

Der Umzug der Internet-Seite auf die domain gamm.org und die Einrichtung von Funktionsadressen ist abgeschlossen. So erreichen Sie mich jetzt unter praesident@gamm.org.

Relativ kurzfristig hat Frau Selenge Höpfner, die Unterstützungskraft unserer Schatzmeisterin, ihre Tätigkeit zum 30.09.2023 zugunsten einer unbefristeten Stelle an der TU Dresden gekündigt. Der zu diesem Zeitpunkt anstehende Jahresabschluss bedeutete für unsere Schatzmeisterin Andrea Walther somit erheblichen Mehraufwand. In der Zwischenzeit konnte ein Vertrag mit der Humboldt-Innovation GmbH über die Unterstützung unserer Schatzmeisterin vor Ort an der HU Berlin abgeschlossen werden, die nun von Frau Sabine Günther geleistet wird.

Auch dank des Engagements und der Übernahme der Verantwortung durch unseren Sekretär Michael Kaliske konnte Frau Doreen Göhlert zum 01.01.2024 auf eine unbefristete Stelle an der TU Dresden übernommen werden.

### **Mitgliederbewegung**

Zum 1. Januar 2024 hatte die GAMM 1284 beitragszahlende Mitglieder, davon 130 Mitglieder, die über ein Doppelmitgliedschafts- oder Reziprozitätsabkommen einen ermäßigten Beitrag zahlen und 818 „Vollzahler“. Zudem gibt es 125 Mitglieder, die einen ermäßigten Beitrag zahlen, z.B. weil sie unter 32 Jahren alt, emeritiert oder als Studierende immatrikuliert sind. Außerdem gibt es aktuell 8 universitäre Einrichtungen, die GAMM-Mitglieder sind sowie ein korporatives Mitglied. Es gab 138 Eintritte bei 93 Austritten und Todesfällen.

Zwar ist die Anzahl der Mitglieder unter 32 Jahren auf 66 im Vergleich zu 56 im Vorjahr und 55 im Jahr davor gestiegen, die Gewinnung des wissenschaftlichen Nachwuchses bleibt aber nach wie vor ein wichtiges Augenmerk des Vorstands. Es ist erfreulich, dass sich etwa die Hälfte der GAMM-Juniors nach Ablauf der dreijährigen kostenfreien Mitgliedschaft für eine Vollmitgliedschaft entschieden haben.

### **Wahlen 2024**

Aufgrund der Neufassung unserer Wahlordnung wurde die Wahl zum Vorstandsrat in diesem Jahr erstmals nach dem Mehrheitswahlrecht durchgeführt. Dies machte den Einsatz einer Wahl-Software notwendig, da die neue elektronische und DSGVO-konforme Mitgliederdatenbank noch nicht fertiggestellt werden konnte. Die Wahl fand gemäß der im letzten Jahr einstimmig beschlossenen neuen Verfassung ausschließlich online im Zeitraum vom 14. Februar bis 19. März statt, erstmals gibt es also keine Urnenwahl mehr hier vor Ort.

Aus dem Vorstandsrat ausscheiden werden Herr Tim Ricken (Stuttgart) und Herr Roland Herzog (Chemnitz). Frau Andrea Barth (Stuttgart), Herr Anton Schiela (Bayreuth) und Herr Alexander Düster (Hamburg) stellen sich neu zur Wahl. Das bisherige Vorstandsratsmitglied Hartmut Hetzler (Kassel) hat sich zu einer erneuten Kandidatur bereit erklärt. Ich danke allen bisherigen Amtsträger\*innen für die engagierte und sehr konstruktive Mit- und Zusammenarbeit sowie den Kandidierenden für die Bereitschaft, sich für unsere Gesellschaft zu engagieren.

### **Geschichte der GAMM**

Ich hatte im vergangenen Jahr von unserer Absicht berichtet, die Geschichte der GAMM wissenschaftlich und unabhängig in Kooperation mit den Professoren Volker Remmert (Wuppertal, Wissenschafts- und Technikgeschichte) und Moritz Epple (Frankfurt, Wissenschaftsgeschichte der Moderne) zu erforschen.

Am 25. Mai 2023 wurde eine Vereinbarung mit der Bergischen Universität Wuppertal über die Co-Finanzierung einer entsprechenden Vorstudie durch Herrn Dr. Jason Lemberg geschlossen, diese Vereinbarung wurde am 2. Februar 2024 bis einschließlich 31. Dezember 2024 verlängert. In der Zwischenzeit wurde bei der Deutschen Forschungsgemeinschaft ein Projektantrag mit dem Titel „Transversale Wissenschaft. Angewandte Mathematik und Mechanik im Spiegel ihrer disziplinären, organisatorischen und politischen Bezüge 1920-1970“ gestellt. Im Falle einer Bewilligung kann dieses Projekt zum 01. Januar 2025 starten.

Im Rahmen der Vorstudie hat sich gezeigt, dass der Forschungsstand zur Geschichte der Mechanik uneinheitlich ist; die neuere Wissenschaftsgeschichte hat sich ihr bislang kaum zugewendet. Daher rufen wir alle GAMM-Mitglieder, insbesondere diejenigen aus der Mechanik, zur Mitarbeit auf: bitte senden Sie der Geschäftsstelle Informationen, wo ggf. geschichtswissenschaftlich verwertbare Dokumente, Nachlässe und Archive zur Geschichte der Mechanik insbesondere in der GAMM zu finden sind. Herr Dr. Lemberg hat bei dieser Jahrestagung einen Vortrag in der Sektion S24 „History of Applied Mathematics and Mechanics“ gehalten.

### **Kontakt zu anderen Verbänden**

Neben den weiterhin sehr guten Kontakten zu befreundeten Verbänden wurde mit der Croatian Society of Mechanics (CSM) eine Kooperationsvereinbarung abgeschlossen.

### **GAMM-Publikationen**

Der Vertrag mit dem Wiley-Verlag konnte aufgrund der erfolgreichen Verhandlungen unseres Vize-Präsidenten Jörg Schröder für drei weitere Jahre ab 2024 abgeschlossen werden.

Der GAMM-Rundbrief liegt weiterhin in den bewährten Händen der Kollegen Balzani und Klawonn. Ich kann mich nur wiederholen: Aufmachung, Gestaltung und Inhalt finden nach wie vor großen Anklang. Der GAMM-Rundbrief ist aber nur so lebendig, wie wir alle ihn mitgestalten – ich rufe Sie daher alle dazu auf, unseren Rundbrief durch Beiträge zu bereichern. Axel und Daniel, Euch beiden im Namen aller GAMM-Mitglieder einen herzlichen Dank für Eure hervorragende Arbeit!

Das von den GAMM-Juniors initiierte online-Journal GAMMAS, GAMM Archive for Students, hatte im Jahr 2023 eine Ausgabe mit 3 Artikeln und würde sich über weitere Einreichungen guter Abschlussarbeiten sehr freuen. Es liegt auch an uns, das GAMMAS zu beleben!

ZAMM, PAMM und die GAMM-Mitteilungen erscheinen weiterhin online. Allen Editors-in-Chief und Editorial Boards danke ich ganz herzlich für ihren Einsatz.

Die ZAMM wird weiterhin von Holm Altenbach (Magdeburg) als Managing Editor sowie Helmut Abels (Regensburg), Dorothee Knees (Kassel), Stefan Odenbach (Dresden) und Christian Wieners (Karlsruhe) geleitet.

Die GAMM-Mitteilungen unter Leitung von Andreas Menzel sowie dem Managing Editor Richard Ostwald (beide Dortmund) erscheinen 4-mal jährlich über den Wiley-VCH Verlag. Das Editorial Board besteht aus den Kolleginnen und Kollegen Olivier Brüls (Liège), Samuel Forest (Paris), Ellen Kuhl (Stanford), Sigrid Leyendecker (Erlangen-Nürnberg), Stefanie Reese (Siegen), Holger Steeb (Stuttgart), Olaf Wunsch (Kassel) und Wolfgang Schröder (Aachen) für die Mechanik sowie Alexander Ostermann (Innsbruck), Ilaria Perugia (Wien), Daya Reddy (Kapstadt), Tomas Roubicek (Prag), Dorothee Knees (Kassel), Claudia Schillings (Berlin), Martin Stoll (Chemnitz) und Patrizio Neff (Duisburg-Essen) für die Angewandte Mathematik.

Für die PAMM steht weiterhin Michael Kaliske als Editor in Chief zur Verfügung. Das Editorial Board besteht aus den Junior Editoren Christoph Böhm (Hannover), Markus Schmidtchen (Dresden) Johanna Waimann (Aachen), sowie für 2023 aus den Guest Editoren Michael Beitelschmidt, Kerstin Eckert, Jochen Fröhlich, Markus Kästner, Stefan Löhnert, Stefan Neukamm, Oliver Sander, Axel Voigt und Thomas Wallmansperger, den Tagungsleiter\*innen der letztjährigen Jahrestagung in Dresden. Nicht zu vergessen die Unterstützung unserer Publikationen seitens der Geschäftsstelle durch Doreen Göhlert. Der Seitenumfang von Beiträgen wurde von 2 auf 6 Seiten erhöht, eine Professionalisierung des Begutachtungsprozess wird weiter ausgebaut. Dies erscheint bei einem Aufkommen von 300 bis 400 Arbeiten mit jeweils 6 Seiten notwendig und zielführend.

Darüber hinaus gibt es bei Springer die Serie LAMM-Lecture Notes in Applied Mathematics and Mechanics, für die Alexander Mielke (Berlin) und Bob Svendsen (Aachen) als Series Editoren verantwortlich zeichnen. Allerdings stammt die letzte Veröffentlichung aus dem Jahr 2016. Wir wollen den Versuch wagen, diese Reihe neu zu beleben. Es hat bereits Gespräche in diese Richtung gegeben, aber wir bitten alle GAMM-Mitglieder, diese Reihe für Lehrmaterial für fortgeschrittene Masterstudierende und Promovierende in Mechanik und Mathematik aus ihrem Dornröschen-Schlaf zu wecken.

### **Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses**

Die Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses ist dem Vorstand ein besonderes Anliegen. Den regelmäßigen Kontakt zu Nachwuchsgruppen und Juniors hält unser Vorstandsmitglied für den wissenschaftlichen Nachwuchs Claudia Schillings (Berlin). Ich habe online am Herbsttreffen der Juniors teilgenommen.

### **GAMM-Juniors**

Die mittlerweile 31 ausgewählten Nachwuchswissenschaftler\*innen sind wichtiger und aktiver Teil der GAMM. In diesem Jahr auch wurden 11 junge Forschende auf Basis ihrer wissenschaftlichen Leistungen für einen Zeitraum von drei Jahren zu GAMM-Juniors ernannt. Leider

wurden in einer ersten Nominierungsrunde ausschließlich männliche Personen vorgeschlagen. Daher beschloss der Vorstand eine weitere Ausschreibung, was der Grund für die Auswahl von 11 Personen anstelle der sonst üblichen 10 ist. GAMM-Juniors erhalten eine freie Mitgliedschaft in der GAMM für drei Jahre sowie die Möglichkeit, sich im Netzwerk der GAMM-Juniors zu engagieren. Sie haben nun das Vorschlagsrecht für die Besetzung zweier Posten im Vorstandsrat.

Die GAMM-Juniors wählen aus Ihrer Mitte ein Sprecher\*innen-Team. Dies waren im Jahr 2023 Nina Reiter (Erlangen-Nürnberg) als Sprecherin sowie Andreas Warkentin (Kassel) und Jan-Hendrik Bastek (Zürich) als Stellvertreter und in diesem Jahr Andreas Warkentin (Kassel) als Sprecher sowie Giuseppe Capobianco (Erlangen) und Georgia Kikis (Aachen) als Stellvertreter bzw. Stellvertreterin. Wir danken allen sehr für das Engagement.

Die GAMM-Juniors waren wieder sehr aktiv. Zu erwähnen sind Poster-Session bei der diesjährigen Jahrestagung, der „Young Researchers Meet Mentors (YAMM) lunch“, die bereits erwähnte Reihe GAMMAS, das Mentoring-Programm, die Sommerschule „Scientific Machine Learning“ vom 31.7.-4.8.2023 in Hannover, das Herbsttreffen vom 9.-11.10.2023 in Zürich sowie die Pre-GAMM 2024 vom 11.-15.03.2024.

### **GAMM-Nachwuchsgruppen**

Aktuell gibt es 12 GAMM-Nachwuchsgruppen, von denen sich diejenigen aus Hannover, Bochum und Hamburg mit ihrer gemeinsamen Aktion aus dem letzten Jahr heute vorstellen werden. Im Berichtszeitraum wurden die Nachwuchsgruppen Braunschweig und Duisburg-Essen neu gegründet. Aus den Erlösen des Vertrags mit Wiley wurden die Nachwuchsgruppen im Jahr 2023 mit je 2000,- und in diesem Jahr mit 1500,- unterstützt.

Wir sind sehr froh über diese Aktivitäten, die auch die Möglichkeit der Vernetzung zwischen Standorten sowie die Anbindung an die Student Chapter der SIAM bilden. Die Modalitäten der Mitgliedschaft in Nachwuchsgruppen wurden zwischen GAMM und SIAM harmonisiert. Studentische und promovierende Mitglieder von Nachwuchsgruppen sind nun beitragsfreie Mitglieder der GAMM. Wir bitten alle GAMM-Mitglieder um Unterstützung unserer Nachwuchsgruppen und danken den dort Aktiven für Ihre Arbeit.

### **Jahrestagungen**

Unsere Jahrestagungen sind ohne Zweifel die herausragenden Höhepunkte im wissenschaftlichen Leben der GAMM. Wer jemals eine Tagung dieser Größenordnung mit derart vielen Veranstaltungen, Restriktionen und Traditionen organisiert hat, weiß, was unsere Kolleginnen und Kollegen hier in Magdeburg geleistet haben und in diesen Tagen noch leisten. Die übrigen können es zumindest erahnen.

Im Namen der GAMM danke ich den Tagungsleitern Peter Benner, Daniel Juhre, Thomas Richter, Elmar Woschke sowie dem Organisations-Team bestehend aus Holm Altenbach, Rebecca Busch, Christian Daniel, Jan Heiland, Janine Holzmann, Madeleine Ruhbaum und Jens Saak -

wobei ich mir sicher bin, dass es im Hintergrund noch viele Personen gab und gibt, die uns allen mit großem Einsatz eine sehr gut organisierte GAMM-Jahrestagung und eine schöne Zeit in Magdeburg schenken.

Unser sehr aktives Gleichstellungs-Komitee hat in Abstimmung mit dem Vorstandsrat für die diesjährige Jahrestagung einen Fragebogen entwickelt, der im Nachgang der Tagung an alle Teilnehmenden versendet wird. Die Beantwortung dauert keine 5 Minuten und wir hoffen sehr darauf, dass viele von Ihnen diesen Fragebogen ausfüllen werden, um uns eine Rückmeldung zu geben, die für zukünftige Jahrestagungen berücksichtigt werden können.

Die kommenden Jahrestagungen der GAMM werden stattfinden

- vom 7.-11. April 2025 in Poznan  
Tagungsleitung Kuczma, Łodygowski, Sumelka
- vom 23.-27. März 2026 in Stuttgart  
Tagungsleitung Ricken, Röhrle, Stamm
- vom 8.-12. März 2027 gemeinsam mit der Deutschen Mathematiker Vereinigung in Ulm  
Tagungsleitung von Universität Ulm und Technischer Hochschule Ulm Gutenbrunner, Simon, Urban, Zacher
- 2028 in Hamburg, Tagungsleitung von Universität und TU Hamburg Düster, Iske, Oesterle, Wollner

Erneut möchte ich darauf hinweisen, dass es nicht die GAMM ist, die unsere Jahrestagungen organisiert, auch wenn unsere Geschäftsstelle nach Kräften unterstützt. Den Großteil der Arbeit sowie das komplette, insbesondere finanzielle, Risiko trägt das lokale Organisationsteam. Wir können es bei der personellen Struktur und insbesondere mit dem Etat der GAMM nicht anders leisten. Vor diesem Hintergrund sind wir den Kolleginnen und Kollegen, die diese Aufgabe für uns alle übernehmen, zu großem Dank verpflichtet.

## Gliederungen der GAMM

In unserer Satzung wird der Begriff „Gliederung“ als Überbegriff für nationalen Sektionen, Fachausschüsse, Netzwerke, lokale Gruppen, Juniors etc. verwendet.

Die nationale Sektion der GAMM in Polen, die vom Kollegen Kuczma geleitet wird, richtet die Jahrestagung 2025 in Posen aus, hat dem Vorstand wunderbare und beeindruckende Tage im Januar vor Ort ermöglicht und führt mehrere wissenschaftliche Veranstaltungen durch.

Das Deutsche Komitee für Mechanik (DEKOMECH) ist weiterhin aktiv und führt in diesem Jahr ein Board Meeting im Rahmen der Jahrestagung durch. Vorsitzender ist Thomas Böhlke (Karlsruhe).

Das Netzwerk für Industrielle und Angewandte Mathematik (Network for Industrial and Applied Mathematics, NIAM) in der GAMM vertritt die Interessen der auf dem Gebiet der angewandten Mathematik tätigen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler insbesondere innerhalb der GAMM und fördert die Vernetzung innerhalb der Angewandten Mathematik. Heike Faßbender (Braunschweig) ist Sprecherin des NIAM. Das NIAM führt seine

Mitgliederversammlung im Anschluss an die Hauptversammlung durch.

## Fachausschüsse

Aktuell haben wir 17 aktive Fachausschüsse. Dieses Jahr stand ein Fachausschuss zur Evaluierung (E) an, weitere drei wurden beendet (B) und Anträge auf Neugründungen gestellt (N). Dies betraf die Fachausschüsse:

- „Computational and Mathematical Methods in Data Science (COMinDS)“ (E)  
unter der Leitung von Martin Stoll (Chemnitz) und Axel Klawonn (Köln)
- „Analysis partieller Differentialgleichungen“ (B+N)  
unter der Leitung von Dorothee Knees (Kassel), Carolin Kreisbeck (Eichstätt-Ingolstadt) und Helmut Abels (Regensburg)
- „Phasensfeldmodellierung“ (B+N),  
unter der Leitung von Axel Voigt (Dresden)
- „Angewandte und Numerische Lineare Algebra“ (B+N)  
unter der Leitung von Erin Carson (Prag) und Melina Freitag (Potsdam)

Die Evaluierung wurde wieder durch unseren Vize-Sekretär Ralf Müller organisiert. Auf Basis der vorgelegten Evaluationsberichte wurden die beantragten Verlängerungen und Neugründungen für die Fachausschüsse vom Vorstandsrat beschlossen, die Evaluierung positiv beschieden. Das wissenschaftliche Leben der GAMM findet aber auch vor Ort statt. Wir sind sehr froh und dankbar, dass es lokale GAMM-Gruppen an 45 Hochschulen gibt. In diesem Jahr ist die Universität Potsdam neu hinzugekommen. Einen herzlichen Dank an alle lokalen GAMM-Repräsentant\*innen für das Engagement und die Arbeit vor Ort. Am Donnerstag, den 21. März wird es wieder einen Informations- und Meinungsaustausch der GAMM-Repräsentant\*innen mit dem Vorstand geben.

Sollte Ihre Hochschule noch keine lokale GAMM-Gruppe haben, melden Sie sich bei der Geschäftsstelle – es ist sehr einfach, eine lokale GAMM-Gruppe zu initiieren! Dies ist auch eine Voraussetzung zur Gründung einer Nachwuchsgruppe.

## Wissenschaftliche Preise

### Prandtl Lecture

Die Ludwig-Prandtl-Gedächtnisvorlesung wird weiterhin in Kooperation zwischen der GAMM und der DGLR, der Deutschen Gesellschaft für Luft- und Raumfahrttechnik, vergeben. GAMM und DGLR haben gemeinsam Frau Prof. Laurette Tuckerman, Sorbonne Universität Paris ausgewählt. Sie hat eine beeindruckende Vorlesung zum Thema „Turbulent-laminar patterns“ gehalten.

### Richard-von-Mises-Preis

Der Richard-von-Mises-Preis wurde abermals von der Dr.-Klaus-Körper-Stiftung gestiftet. Er ist mit 2.000 sowie einer zweijährigen kostenlosen Mitgliedschaft in der GAMM dotiert. Das Preiskomitee unter meiner Leitung qua Amt bestand aus unseren Kolleginnen Stefanie Reese (Siegen) und Christiane Tretter (Bern), sowie

den Kollegen Axel Klawonn (Köln) und Martin Oberlack (Darmstadt). Es lagen 9 sehr gute Nominierungen vor unter denen das Preiskomitee die Herren

- Dr. Patrik Knopf, U Regensburg und
- Dr. Marco Salvalaglio, TU Dresden

als Preisträger ausgewählt hat. Ich hoffe, dass Sie alle die Gelegenheit genutzt haben und die interessanten Vorträge der diesjährigen Preisträger vor der Mitgliederversammlung verfolgen konnten.

### **Dr.-Klaus-Körper-Preise**

Die Dr.-Klaus-Körper-Stiftung der GAMM vergibt jährlich vier Preise (dotiert mit jeweils 250 € sowie 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 16 Nominierungen. Zu allen Vorschlägen werden je zwei fragebogengestützte Gutachten angefordert. Basierend auf den Auswertungen erfolgt dann die Reihung der Vorschläge. Diesen Prozess hat der Vize-Sekretär Ralf Müller in bewährter Manier organisiert. Basierend auf dessen Vorschlag hat der Vorstand als Preisträger\*innen ausgewählt:

- Dr.-Ing. Moritz Flaschel (ETH Zurich)  
“Automated Discovery of Material Models in Continuum Solid Mechanics”
- Dr. Moritz Hauk (Augsburg)  
“Numerical Homogenization: Multi-resolution and Super-localization Approaches”
- Dr. Johannes Hertrich (TU Berlin)  
“Proximal Neural Networks and Stochastic Normalizing Flows for Inverse Problems”
- Dr.-Ing. Denisa Martonova (Erlangen-Nürnberg)  
“Computational modelling and simulation of heart electromechanics – from (smoothed) finite element methods towards a ligand-receptor model”

Hinsichtlich des Geschlechts konnte in diesem Jahr erneut keine Ausgewogenheit bei der Vergabe der Preise gesichert werden, was wiederum an den vorliegenden Nominierungen lag. Alle GAMM-Mitglieder sind dringend gebeten, geeignete Kandidat\*innen für die Preise vorzuschlagen.

### **“Best Paper Award for the GAMMAS-Journal 2023”**

Für den „Best Paper Award of the GAMMAS-Journal 2023“ haben die Editorinnen und Editoren des GAMMAS-Journals

#### **Herrn M.Sc. Niklas Hornicher (Stuttgart)**

als Preisträger ausgewählt in Würdigung seiner Veröffentlichung

“Model order reduction with dynamically transformed modes for electrophysiological simulations”

(GAMMAS – GAMM Archive for Students 2023, Vol. 5, Nr. 1, P. 17-31)

Meine herzlichen Glückwünsche gehen an alle Preisträger\*innen.

Damit bin ich am Ende meines Berichts. Mir war wichtig, Ihnen ausführlich Rechenschaft abzulegen. Auch wenn dies mittlerweile mein zweites Amtsjahr ist, gab es erneut viele Dinge, die ich zum ersten Mal machen durfte oder von denen ich wenig, bis keine Ahnung hatte. Meine Kolleginnen und Kollegen im Vorstand haben zum Glück alle deutlich mehr GAMM-interne Erfahrung als ich und ich danke Euch allen für die guten Nerven und die Engelsgeduld, mit denen Ihr meine Unwissenheit und meine Fragen ertragen bzw. beantwortet habt. Mir ist klar, dass ein Präsident anstrengend ist, der ein „das haben wir schon immer so gemacht“ nicht so einfach als gegeben hinnimmt.

Mein besonderer Dank geht an unsere Geschäftsstelle, an Frau Göhlert und unseren Sekretär Michael Kaliske. Michael Kaliske ist die GAMM in Person, mir ist bisher keine GAMM-bezogene Frage eingefallen, die Michael nicht ad-hoc beantworten konnte. Frau Göhlert ist die gute Seele und die eigentliche Chefin der GAMM, ohne die kaum etwas laufen würde.

Ihnen allen danke ich für die Aufmerksamkeit, Ihre Geduld und das Vertrauen, das Sie mir entgegengebracht haben. Ich werde mich weiterhin nach Kräften bemühen, Ihr Vertrauen zu rechtfertigen.

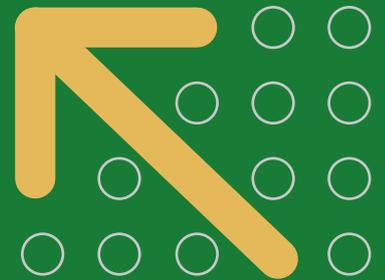
Rechts:

Dieses Poster haben Vorstand und Geschäftsstelle entwickelt. Wenn Sie dieses Poster auch in Ihrem Fachbereich aufhängen möchten, können Sie es gerne bei unserer Geschäftsstelle unter [info@gamm.org](mailto:info@gamm.org) anfordern.



# WHY BECOME A GAMM MEMBER

- early career support
- network of young scientists and world-leading experts
- GAMM activity group membership
- access to GAMM publications
- research between academia and industry



## AUFRUF • CALL

**Für die Jahrestagung 2026 in Stuttgart, 23. - 27. März veranstaltet die GAMM einen Wettbewerb zur Einreichung von**

**For its Annual Meeting 2026 in Stuttgart, March 23 - 27, 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 2024**

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.

#### **23. - 27. März 2026**

Durchführung der ausgewählten Minisymposien.

### Schedule:

#### **until December 31, 2024**

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 23 - 27, 2026**

Carrying out the nominated minisymposia.

## AUFRUF · CALL

## WAHLEN ZUM VORSTANDSRAT

Aufruf des Präsidenten  
mit Bitte um Wahlvorschläge zur Vorstandswahl 2025

**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 2024 zu wählen. Die Amtszeiten werden zum 01.01.2026 beginnen.

**Mitglieder des Vorstandsrates**

Prof. K. Urban (Präsident), Ulm, Amtszeit bis 2025, nicht wieder wählbar

Prof. J. Schröder (Vizepräsident), Duisburg-Essen, Kontinuumsmechanik, Amtszeit bis 2025, nicht wieder wählbar  
(Amt wird satzungsgemäß durch den ausscheidenden Präsidenten besetzt)

Prof. R. Müller (Vizesekretär), Kaiserslautern, Festkörpermechanik, Amtszeit bis 2025, wieder wählbar

**Mitglieder des Vorstandsrates**

Prof. K. Flaßkamp, Saarbrücken, Mathematik, 1. Amtszeit bis 2025, wieder wählbar

Prof. G. Hofstetter, Innsbruck, Mechanik der Werkstoffe und Strukturen, 2. Amtszeit bis 2025, nicht wieder wählbar

Prof. J. Sesterhenn, Bayreuth, Strömungsmechanik, 2. Amtszeit bis 2025, nicht wieder wählbar

Prof. D. Knees, Kassel, Mathematik, 1. Amtszeit bis 2025, wieder wählbar

Prof. M. Stoll, Chemnitz, Mathematik, 1. Amtszeit bis 2025, wieder wählbar

Prof. O. Ernst, Chemnitz, Mathematik, 2. Amtszeit bis 2023, nicht 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 **12.02.2025**, bei der Geschäftsstelle eintreffen.

**Vorstandswahl 2025**

Die Stimmabgabe zur Vorstandswahl erfolgt 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.

Die elektronische Stimmabgabe ist in dem Zeitraum vom **05.03.2025 bis 18:00 Uhr am 08.04.2025** über die Internetseite der GAMM möglich.

Karsten Urban, Präsident

**Mitglieder der Wahlkommission für die Vorstandswahlen 2025**

Vorsitzender: J. Schröder, Essen, Vizepräsident

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

**Präsident:** **Prof. Karsten Urban**  
 Universität Ulm, Institut für Numerische  
 Mathematik  
 Helmholtzstraße 20, 89081 Ulm

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

**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

**Wiss. Nachwuchs:** **Prof. Claudia Schillings**  
 Freie Universität Berlin, FB  
 Mathematik&Informatik, Institut für  
 Mathematik, Arnimallee 6, 14195 Berlin

### Weitere Mitglieder des Vorstandsrates

**Prof. Dorothee Knees**  
 Universität Kassel, Institut für Mathematik  
 Heinr.-Plett-Straße 40  
 34131 Kassel

**Prof. Jörg Schumacher**  
 Technische Universität Ilmenau  
 Fachgebiet Strömungsmechanik  
 Am Helmholtzring 1  
 98693 Ilmenau

**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. Kathrin Flaßkamp**  
 Professur für Modellierung und Simulation technischer  
 Systeme, Fachrichtung Systems Engineering  
 Universität des Saarlandes  
 66123 Saarbrücken

**Prof. Martin Stoll**  
 Technische Universität Chemnitz  
 Professur Wissenschaftliches Rechnen  
 Reichenhainer Str. 41, 09126 Chemnitz

**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. Hartmut Hetzler**  
 Universität Kassel,  
 Lehrstuhl für Technische Dynamik  
 Mönchebergstr. 7, 34125 Kassel

**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

**Prof. i.R. 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 Zierep (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.-Ing. Hans Dieter Brill, Marienheide

Dr. Volkmar Scharf, Ahnatal b. Kassel

Prof. Dr.-Ing. Karl-Hans Laermann, Mönchengladbach

Prof. Dr. Rolf Jeltsch, Maur

Prof. Dr. Alfred K. Louis, Saarbrücken

Prof. Dr. Jan van Ingen, Apeldoorn

Dipl.-Ing. Werner Niemz, Bad König

# CALL FOR SIAM PRIZE NOMINATIONS

Submit a nomination today!

## 2025 Major Awards

- **AWM-SIAM Sonia Kovalevsky Lecture**
- **George Pólya Prize for Mathematical Exposition**
- **Germund Dahlquist Prize**
- **I. E. Block Community Lecture**
- **Ivo & Renata Babuška Prize\***
- **James H. Wilkinson Prize in Numerical Analysis and Scientific Computing**
- **Jerald L. Ericksen Prize\***
- **John von Neumann Prize**
- **Ralph E. Kleinman Prize**
- **SIAM/ACM Prize in Computational Science and Engineering**
- **SIAM Industry Prize\***
- **SIAM Prize for Distinguished Service to the Profession**
- **SIAM Student Paper Prizes**
- **W. T. and Idalia Reid Prize**

\*First time being awarded



**Nominate a colleague at [go.siam.org/prizes-nominate](https://go.siam.org/prizes-nominate)**

Open dates and deadlines may vary. For details visit: [siam.org/deadline-calendar](https://siam.org/deadline-calendar)