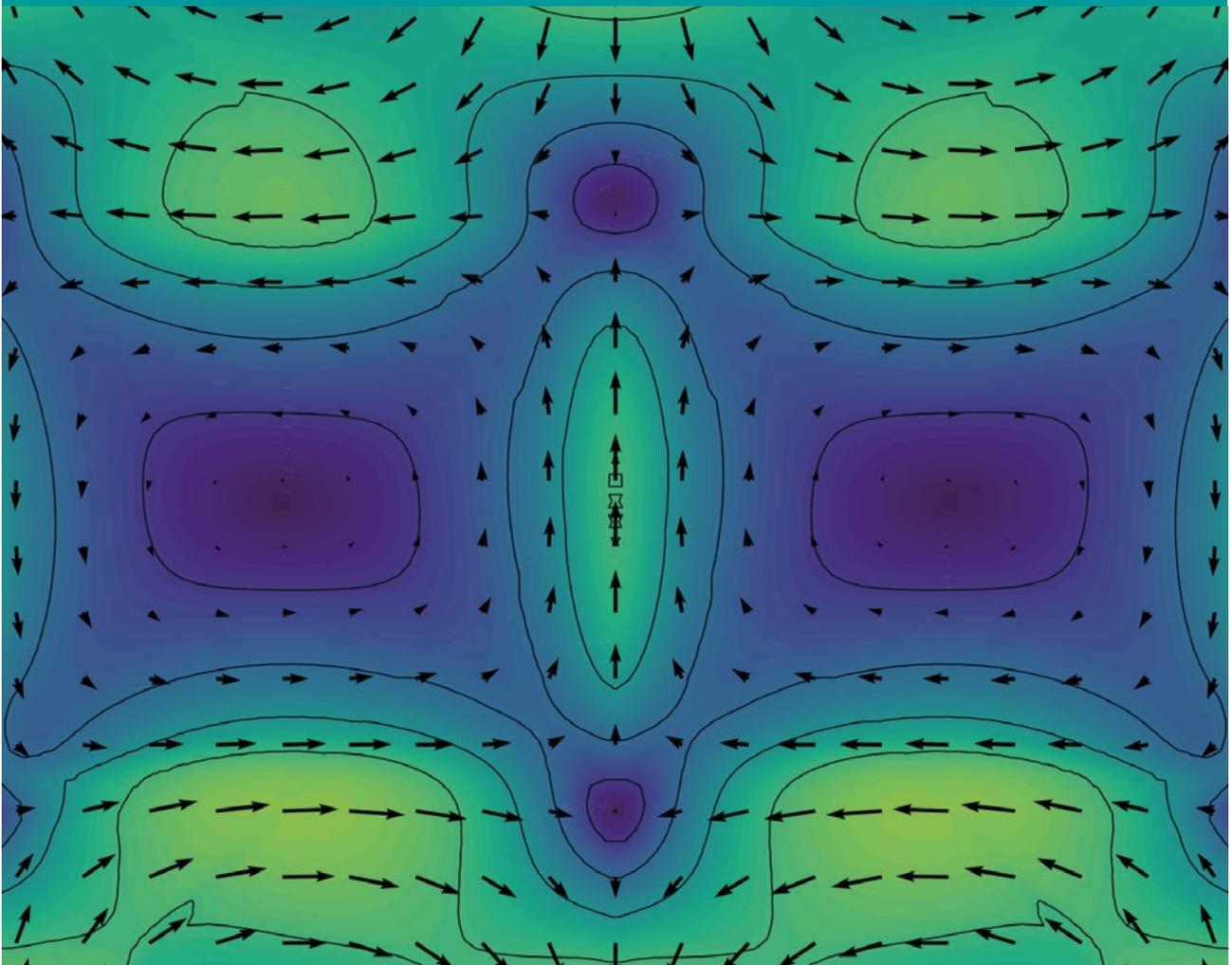


## GESELLSCHAFT FÜR ANGEWANDTE MATHEMATIK UND MECHANIK



AUS DEM INHALT:

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

**MARTIN STOLL UND KAI BERGEMANN:**  
MULTILAYER NETWORKS AND THEIR  
APPLICATIONS

**MORITZ FLASCHEL UND LAURA DE LORENZIS:**  
AUTOMATISIERTE UND DATENEFFIZIENTE  
MATERIALMODELLENTDECKUNG MIT „EUCLID“

# 2/2022

**JUNGE WISSENSCHAFTLER:INNEN**  
NATALIE RAUTER  
CHRISTIAN MERDON

**RICHARD-VON-MISES-PREIS 2022**  
GAMM-NACHWUCHSGRUPPEN

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

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

Anzeigenverwaltung  
 GAMM-Geschäftsstelle  
 c/o Prof. Dr.-Ing. habil. Michael Kaliske  
 Institut für Statik und Dynamik der  
 Tragwerke  
 Fakultät Bauingenieurwesen  
 Technische Universität Dresden  
 01062 Dresden  
 Tel.: +49 (0)351 / 463-33448  
 E-Mail: GAMM@mailbox.tu-dresden.de

Gestaltung:  
 Dr. Hein Werbeagentur GmbH, Köln  
 www.heinagentur.de  
 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

ISSN 2196-3789

- 4 Multilayer Networks and their applications**  
 Von Martin Stoll und Kai Bergermann
- 10 Automatisierte und Dateneffiziente Materialmodellentdeckung mit „EUCLID“**  
 Von Moritz Flaschel und Laura De Lorenzis
- Junge Wissenschaftler:innen**
- 17 Natalie Rauter**
- 19 Christian Merdon**
- 23 10 Jahre GAMM Juniors**  
 Von Margarita Chasapi und Merten Stender
- 24 PreGAMM ‘22**  
 Von Merten Stender, Carina Witt, Margarita Chasapi und Katharina Kliob
- 25 GAMMAS Best Paper Award**  
 Von Philip Saltenberger und Merten Stender
- 25 Postersession Gamm 2022**  
 Von Andreas Warkentin
- 26 YAMM Lunch 2022 in Aachen**  
 By Idoia Cortes Garcia, Shahed Rezaei and Johanna Waimann
- Jahresberichte 2021 der GAMM-Nachwuchsgruppen**
- 27 U Stuttgart**  
 Von Franziska Egli und Lena Lambers
- 27 RUB**  
 Von Hendrik Dorn
- 28 TU Dortmund**  
 Von Marius Harnisch, Henning Lammen und Tobias Kaiser
- 29 U Berlin**  
 Von Olga Weiß, Timo Kreimeier, Veronika Schulze und Franz Bethke
- 29 U Ulm**  
 Von Nina Beranek und Alexander Reinhold
- 30 U Chemnitz**  
 Von Kai Bergermann und Theresa Wagner
- 31 U + TU Hamburg**  
 Von Christiane Schmidt
- 31 KIT**  
 Von Alexander Dyck und Tunc Yüzbasioğlu
- 33 GAMM 2022 in Aachen**  
 Von Melanie Kaesler und Lukas Lamm
- 36 GAMM 2022: Opening Speech**  
 Von Jörg Schröder
- 38 Beschlussprotokoll zur Jahreshauptversammlung 2022**
- 40 Bericht des Präsidenten zur Hauptversammlung GAMM 2022**
- 43 Links zu Fachausschüssen und weiteren Organisationen**
- 44 Richard-von-Mises-Preis 2020/2021**  
 Jun.-Prof. Dr. rer. nat. Matti Schneider
- 47 Laudatio auf den Gastredner Tim Colonius bei der Ludwig-Prandtl Gedächtnislesung**  
 Von Martin Oberlack
- 48 Aufruf: Nachwuchs-Minisymposien**
- 49 Aufruf: Wahlen zum Vorstandsrat**
- 50 Vorstand der GAMM**
- 51 Ehrenmitglieder der GAMM**

LIEBE LESERIN, LIEBER LESER,

LIEBE GAMM-MITGLIEDER,



zum ersten Mal seit Beginn der Corona-Pandemie konnte die GAMM Jahrestagung wieder in Präsenz stattfinden. Im August kamen in Aachen weit über 1000 teilnehmende Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus der Angewandten Mathematik und Mechanik zusammen und machten die Veranstaltung damit zu einer der am meisten besuchten Jahrestagungen überhaupt. Dies zeigt den großen Wunsch von direkter Interaktion in der Wissenschaftsgemeinschaft, die online nur näherungsweise erzielt wird. Der erfolgreiche Verlauf der Veranstaltung wurde durch die perfekte Organisation des Teams aus Aachen garantiert. In einem kurzen Bericht blicken Melanie Kaesler und Lukas Lamm stellvertretend für das Organisationsteam auf die Highlights der GAMM Jahrestagung zurück. Die Eröffnungsrede des GAMM Präsidenten Jörg Schröder sowie sein Bericht während der Hauptversammlung sind ebenfalls in dieser Ausgabe zu finden. Wir danken den Organisatoren sowie allen Unterstützern herzlich für ihr Engagement und die gelungene Tagung. Im kommenden Jahr findet die GAMM Jahrestagung an der Technischen Universität Dresden statt.



Der erste Leitartikel mit dem Titel "Multilayer networks and their applications" von Martin Stoll und Kai Bergermann gibt eine Einführung in Mehrschichtnetzwerke, die sich eignen, um komplexe Netzwerkstrukturen zu beschreiben. Als Anwendungsbeispiel betrachten die Autoren u. a. die Analyse von Strukturen in öffentlichen Nahverkehrsnetzen deutscher Großstädte. Im zweiten Leitartikel mit dem Thema "Automatisierte und dateneffiziente Materialmodellentdeckung mit EUCLID" beschreiben Moritz Flaschel und Laura De Lorenzis neue Möglichkeiten zur Einbeziehung von Maschinellem Lernen in der Materialmodellierung. Insbesondere unter Verwendung von experimentellen Vollfeldmessungen ist so nicht nur eine automatisierte Parameterbestimmung effizient möglich, sondern auch die Identifizierung des Typs der Materialeigenschaften. Durch Integration von Materialmodellsammlungen in das Optimierungsproblem kann damit der oft mühsame, iterative Prozess der Modellkonstruktion mit beeindruckender Genauigkeit systematisiert werden.

In dieser Ausgabe stellen sich Frau Natalie Rauter, die derzeit die Professur für Mechanik an der Helmut-Schmidt-Universität Hamburg vertritt, und Herr Christian Merdon vom Weierstraß-Institut für Angewandte Analysis und Stochastik als Nachwuchswissenschaftler vor. Weiterhin wird von Aktivitäten der GAMM-Nachwuchswissenschaftler berichtet, beispielsweise über den PRE-GAMM Workshop "Onboarding Young Researchers" sowie über die Aktivitäten der GAMM-Nachwuchsgruppen. Außerdem wurde erstmalig der GAMMAS Best Paper Award verliehen. Wir gratulieren den Preisträgerinnen Frau Meike Gierig und Herrn Lars Flessing. In einem kurzen Artikel reflektieren die GAMM Juniors ihr 10-jähriges Jubiläum.

Herzlich gratulieren wir dem diesjährigen Richard-von-Mises-Preisträger Herrn Matti Schneider aus Karlsruhe. In der aktuellen Ausgabe findet sich die Laudatio von Herrn Thomas Böhlke.

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 Oktober 2022

Daniel Balzani und Axel Klawonn

# MULTILAYER NETWORKS AND THEIR APPLICATIONS

VON MARTIN STOLL UND KAI BERGERMANN

## Motivation

Users, items, stops, genes, proteins, machines – entities from many complex real-world systems are connected, be it via physical connection, social interaction, or other complex relations. The study of complex networks has been a thriving interdisciplinary endeavor for decades and some properties such as clustering, power-law degree distributions, or the small-world effect are shared by networks originating from applications across the disciplines [1]. Often, the same entities are connected in a variety of ways, which can be reflected by multilayer network models in which each layer represents a different type of interaction or changing interactions over time [2]. Multilayer networks not only offer more flexibility to construct problem-tailored models – their structure and dynamics also give rise to qualitatively new behavior, be it in the identification of influencers across social media platforms or the coupled spread of (dis)information and disease during a pandemic [3]. In this article, we give an introduction to single- and multilayer networks, their mathematical representation as well as a selection of quantitative methods for their analysis. The aim of this paper is to provide a rather light overview, as we believe that multilayer networks have not been popularized so widely in some applied communities while holding huge potential. We provide examples and illustrations of structural and dynamical properties of multilayer networks, putting a focus on urban public transport systems [4, 5] and networks of coupled oscillators [6].

## Fundamentals of networks

From a mathematical perspective, the study of complex networks offers a wide range of insights into the application underlying the network. For this, we require some basic tools and notation. We here view graphs as the mathematical representation of a network. A graph is a collection of a possibly large number  $n \in \mathbb{N}$  of nodes  $v_i \in V$ . Two nodes  $v_i$  and  $v_j$  can be connected via an edge  $e \in E$  where  $E$  is the edge set of the graph. In the case of undirected graphs the edge contains the nodes  $v_i$  and  $v_j$  in an unordered manner while in a directed graph the nodes are contained in an ordered way. We typically represent the complex relations of the graph in an adjacency matrix  $A_1 \in \mathbb{R}^{n \times n}$  that is symmetric for undirected networks and possibly nonsymmetric for directed networks. In many applications the edges are associated with an edge weight  $[A_1]_{ij} = \exp\left(\frac{-\text{dist}(x_i, x_j)^2}{\sigma^2}\right)$  where  $\sigma \in \mathbb{R}$  denotes a scaling factor and the function  $\text{dist}(x_i, x_j)$  measures the distance between two feature vectors  $x_i, x_j$  associated with the nodes  $v_i, v_j$ . While this looks rather complicated, it allows us to associate complex objects such as time-series with the nodes and their feature vectors are potentially of high dimensionality. We then collect the edge weights in the adjacency matrix  $A_1$  that, depending on the network structure, is either sparse or can be fully populated. Figure 1 illustrates the sparsity of the adjacency matrix (right) when connecting the point cloud data (left) via a nearest neighbor

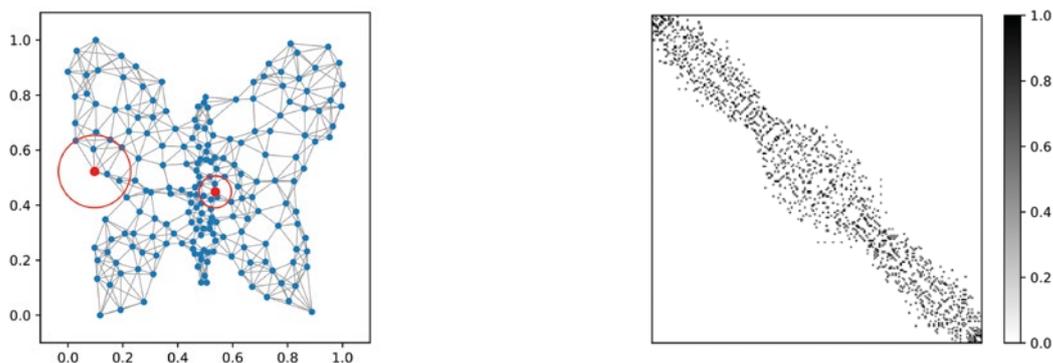


Fig. 1: Left: A nearest neighbor graph for a butterfly point cloud. Right: The sparsity pattern of the associated adjacency matrix.

bor graph. Many other real-world complex systems such as social, biological, or engineered networks give rise to sparse adjacency matrices, which do not possess a regular structure and which are not purely random either. Empirical studies found that many such networks exhibit similar universal properties such as scale-free power law degree distributions, clustering, or the small-world effect [1].

Much information about the system can be inferred from the graph Laplacian matrix given by  $L_1 = D_1 - A_1$  where  $D_1 = \text{diag}(A_1 \mathbf{1}) \in \mathbb{R}^{n \times n}$  is the degree matrix of the graph,  $\mathbf{1} \in \mathbb{R}^n$  denotes the vector of all ones, and  $A_1$  is the weighted adjacency matrix discussed earlier. This Laplacian plays a crucial role in many tasks of machine learning and image processing. There are partial differential equation (PDE) models formulated on networks where the dynamics are based on the interactions encoded in the Laplacian. For example in [7], the graph Allen-Cahn equation is used to model the dynamics of a phase field model driving unknown label information to either label 1 or -1.

### Multilayer networks

While single-layer networks have been a successful tool to gain insights into the structure and dynamics of many complex real-world phenomena [1], much effort in the field of network science in recent years centered around networks consisting of multiple layers. These multilayer networks offer the flexibility to represent different relationships or types of interactions among the same set of nodes via different layers. Examples include different connectivity patterns of individuals across social media platforms or of stops via different modes of transportation [2]. It has been illustrated by various examples that the aggregation of inherently multilayered systems to single-layer networks neglects valuable information present in the data, cf. e.g., [4]. The mathematical formulation of multilayer networks

typically relies on linear algebraic objects such as matrices or tensors [2, 8, 9]. Consequently, countless problems in the analysis of multilayer networks can be posed as linear algebra problems such as eigenvalue computations, the solution of linear systems, or the evaluation of matrix function expressions.

To generalize the notion of adjacency or weight matrices from the single-layer to the multilayer case, we here focus on the mathematical representation in terms of the supra-adjacency matrix  $A \in \mathbb{R}^{nL \times nL}$  [2, 8], where  $L \in \mathbb{N}$  denotes the number of layers. For this, we differentiate between two distinct types of edges: intra-layer edges connecting entities within the same layer and inter-layer edges connecting entities belonging to different layers. In the special case of layer-coupled multiplex networks the matrix is given by  $A = A_{\text{intra}} + \omega A_{\text{inter}}$  where  $A_{\text{intra}}$  represents the adjacency matrix of the intra-layer edges via a block diagonal structure and  $A_{\text{inter}} = A \otimes I$  the weighted connectivity of the layers (i.e., inter-layer edges). Layer-coupled multiplex networks are well-suited to create meaningful multilayer networks from data sets, which do not explicitly contain information on inter-layer connectivities. For general multiplex networks, where inter-layer connections may or may not occur between any pair of nodes belonging to the same entity in different layers, the supra-adjacency matrix is defined by letting  $A_{\text{inter}}$  consist of block matrices with only a subset of non-zero diagonal entries, cf. [5] for more details. The case of general multilayer networks poses no restrictions on the sparsity pattern of  $A_{\text{inter}}$ . Figure 2 shows an exemplary illustration of a multiplex network with general inter-layer connections at the example of three lines of the urban public transport system of Freiburg. Here, layers represent public transport lines and nodes represent stops.

Similar to the supra-adjacency matrix, we also define a generalization of the single-layer graph Laplacian  $L_1$  in the multi-

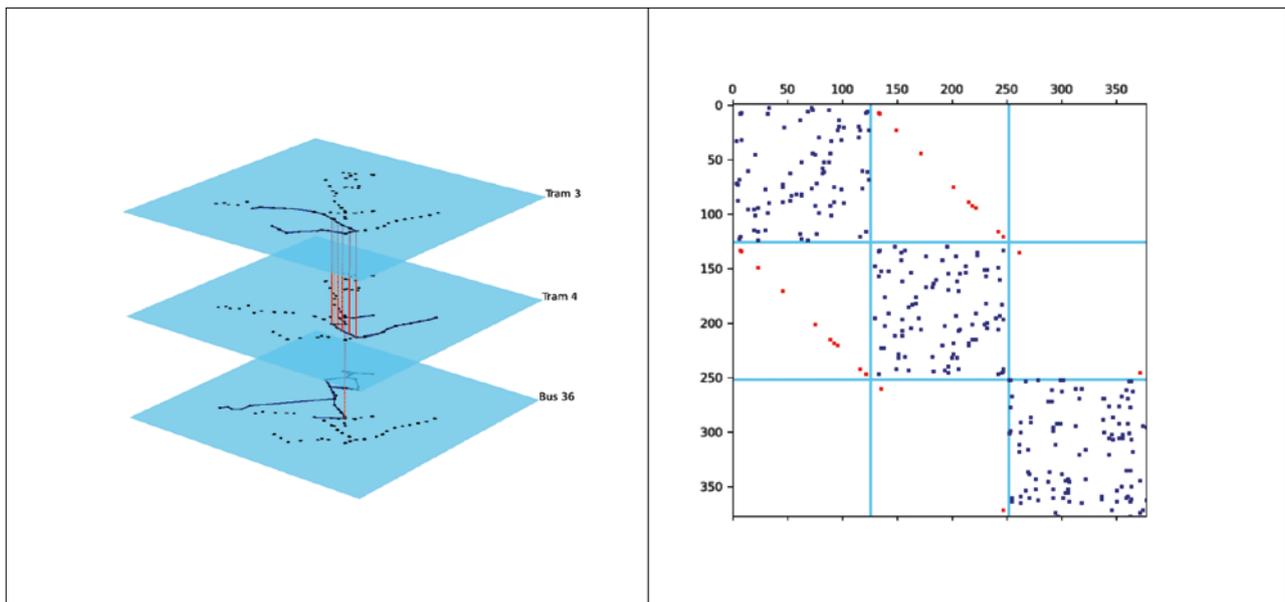


Fig. 2: Left: Multiplex urban public transport network with nodes representing stops and layers representing lines. Right: Sparsity structure of the corresponding supra-adjacency matrix. Intra-layer edges (representing connections of adjacent stops by the respective line) are marked blue and inter-layer edges (representing the possibility to change between lines at a given stop) are marked red.

layer case. For layer-coupled multiplex networks, the supra-Laplacian  $\mathbf{L} \in \mathbb{R}^{nL \times nL}$  is defined as [2]  $\mathbf{L} = \mathbf{L}_{\text{intra}} + \omega \mathbf{L}_{\text{inter}}$  where  $\mathbf{L}_{\text{intra}}$  represents the block-diagonal intra-layer Laplacian and  $\mathbf{L}_{\text{inter}} = \tilde{\mathbf{L}} \otimes \mathbf{I}$  the inter-layer Laplacian with  $\tilde{\mathbf{L}} = \text{diag}(\tilde{\mathbf{A}}\mathbf{1}) - \tilde{\mathbf{A}}$ . For  $\mathbf{L}_{\text{inter}}$ , the same generalizations to general multiplex and general multilayer networks discussed for  $\mathbf{A}_{\text{inter}}$  are possible.

## Centrality measures

One important structural property of complex networks is the identification and ranking of the network's most central entities. Consequently, a variety of centrality measures for single-layer networks is available in the literature. Recent years have witnessed much effort to generalize these to the multilayer case, cf. e.g., [10, 11, 12]. In the perhaps simplest centrality measure, degree centrality, nodes are ranked based on their number of direct neighbors – or in the weighted case, the sum of the weights to all adjacent edges. Formally, this can be expressed by row sums of the weight matrix, i.e.,  $\mathbf{A}_1 \mathbf{1}$ . Betweenness [13] and closeness [14] centrality, instead, consider shortest paths between pairs of nodes. Betweenness centrality is defined as the proportion of shortest paths in the network passing through a given node while closeness centrality uses the inverse distance of shortest paths as centrality measures. Eigenvector centrality [15] uses the entries of the eigenvector to the largest eigenvalue of  $\mathbf{A}_1$ . Some centrality measures even found their way into everyday life: Google's PageRank [16], for example, which is a variant of eigenvector centrality, was developed in the context of the early internet and formed the basis for Google's first search engine website rankings. We here focus on a class of centrality measures that relies on the evaluation of certain matrix function expressions [17, 18]. These can be viewed as measures interpolating between local degree centrality, which only considers each node's direct neighbors and global eigenvector centrality, which describes the stationary distribution of random walkers on the network [19]. It is well-known from graph theory that for an undirected and unweighted single-layer network, the quantity  $[\mathbf{A}_1^k]_{ij}$  represents the number of walks of length  $k$  existing from node  $v_i$  to node  $v_j$ . The idea of matrix function-based centrality measures is to consider walks of all lengths – or put differently: subgraphs of all sizes around the starting node. This can formally be reflected by adjacency matrix power series in which longer walks are weighted down by appropriate scaling factors. The following two choices of factors lead to the power series of the matrix exponential and the matrix resolvent function

$$e^{\beta \mathbf{A}_1} = \sum_{p=0}^{\infty} \frac{\beta^p}{p!} \mathbf{A}_1^p, \quad (\mathbf{I} - \alpha \mathbf{A}_1)^{-1} = \sum_{p=0}^{\infty} \alpha^p \mathbf{A}_1^p,$$

where  $\beta > 0$  and  $0 < \alpha < \frac{1}{\lambda_{\max}}$ , with  $\lambda_{\max}$  denoting the largest eigenvalue of  $\mathbf{A}_1$ . The same definition can be extended to directed and weighted networks. The parameters  $\beta$  and  $\alpha$  determine the degree of locality of the measure: small values put an emphasis on short walks while larger values favor longer walks. The above matrix functions can be used as centrality measures as discussed in [18]. Note that for diagonalizable matrices, these matrix functions can

be defined via the spectrum, i.e., the eigenvalues of  $\mathbf{A}_1$ . A recent generalization of matrix function-based centrality measures to layer-coupled multiplex networks proposes to apply the above matrix function expressions to the supra-adjacency matrix defined in the previous section [4]. This implies to consider walks within and across layers equally and one can obtain rankings of nodes, layers, and node-layer pairs [10]. Numerically, the explicit evaluation of the matrix functions becomes infeasible for medium to large-scale networks, especially as  $f(\mathbf{A})$  is typically dense even if  $\mathbf{A}$  is sparse. Instead, a variety of highly efficient techniques based on Krylov subspace methods, Gauss quadrature, as well as trace and diagonal estimation can be used to compute accurate estimates of matrix function expressions, cf. [4] and references therein. The applicability of these methods to general multiplex networks has been illustrated in [5] at the example of urban multiplex public transport networks. Finally, we remark that directed networks for which  $\mathbf{A}_1^T \neq \mathbf{A}_1$  or  $\mathbf{A}^T \neq \mathbf{A}$  lead to entities taking different roles as broadcaster and receiver (of information, goods, passengers, etc.) in the network [20]. In this situation, the numerical methods discussed in [4] allow the identification and ranking of so-called hubs and authorities in directed and possibly weighted and multilayered networks.

## Dynamical processes

Besides structural properties of networks, dynamical processes on networks such as percolation, diffusion or spreading processes (of, e.g., (dis-)information, epidemics, passengers), or synchronization are an important aspect in the study of complex networks [1, 2, 3, 21, 6]. In this section, we focus on the synchronization of networks of oscillators as well as the stability of synchronous states under perturbations. One of the most studied models is the Kuramoto model, which describes the evolution of the frequency of oscillators under all-to-all sinusoidal coupling. Depending on the individual frequencies of the oscillators as well as the coupling strength between them, fully-connected networks of oscillators either behave incoherently, form clusters of synchronization, or exhibit a spontaneous ordering to a fully synchronous state.

More recently, such models have been extended to allow the coupling of oscillators according to a prescribed single-[22] or multi-layer network structure [3]. Applications of such networks of oscillators range from genetic and neural networks over opinion dynamics to power grids [22]. For a network of  $n \in \mathbb{N}$  identical oscillators, whose connectivity structure is encoded in its graph Laplacian  $\mathbf{L}$ , the evolution of the oscillator's associated state vectors  $\mathbf{x}_k \in \mathbb{R}^d$  in time can be written as  $\dot{\mathbf{x}}_k = F(\mathbf{x}_k) - \gamma \sum_{j=1}^n \mathbf{L}_{kj} H(\mathbf{x}_j)$ ,  $k = 1, \dots, n$  where the functions  $F, H: \mathbb{R}^d \rightarrow \mathbb{R}^d$  describe the equations of motion of the individual oscillators and the action of one oscillator on another, respectively. The scalar parameter  $\gamma \in \mathbb{R}$  models a global coupling strength and the individual coupling strength between pairs of oscillators is encoded in the graph Laplacian. Besides the question of whether or not a system of oscillators synchronizes for certain functions  $F$  and  $H$  as well as a given connectivity structure, a well-studied problem is the determination of the stability of a synchronous state under perturbations. The linear sta-

bility of a network of oscillators can be described by the master stability formalism [22]. Using local linearizations of the functions  $F(\mathbf{s})$  and  $G(\mathbf{s})$  around a synchronous state  $x_1 = \dots = x_N = \mathbf{s}$ , the evolution of small perturbations  $\delta x_k(t)$  can be expressed by the variational equations  $\delta \dot{\mathbf{x}}_k = DF(\mathbf{s})\delta \mathbf{x}_k - \gamma DH(\mathbf{s}) \sum_{j=1}^n \mathbf{L}_{kj} \delta \mathbf{x}_j$  where  $DF(\mathbf{s})$  and  $DG(\mathbf{s})$  denote the Jacobians of  $F$  and  $G$  at point  $\mathbf{s}$ . Projecting the above system onto the eigenspace of  $\mathbf{L}$  reduces the problem to the computation of  $n$  eigenmodes  $\xi_l$  defined by  $\xi_l = (DF(\mathbf{s}) - \gamma \lambda_l DH(\mathbf{s})) \xi_l$  where  $\lambda_l$ ,  $l = 1, \dots, n$  denotes the eigenvalues of  $\mathbf{L}$ . The largest Lyapunov exponent  $\lambda_{\max}$  of this map then determines the stability of the synchronous state as a function of the spectrum of the graph Laplacian. For  $\lambda_{\max} < 0$ , perturbations attenuate while for  $\lambda_{\max} > 0$  they amplify and the system is moved out of sync [22].

In the case of multilayer networks, one typically differentiates between two scenarios: in the first one, layers describe connectivity structures at different points in time; in the second one, the layers are simultaneously responsible for the coupling of units, i.e., synchrony in the multiplex may

be present without synchrony in the individual layers and vice versa. In the second case, the above framework may be applied by replacing the single-layer graph Laplacian by the supra-Laplacian [3, 6].

## Applications

### Urban public transport systems

One frequently studied application of multilayer network models are multimodal transportation networks. Here, nodes represent stops and layers often represent different modes of transportation like, e.g., bus, tram, and metro [23]. An alternative modeling approach was recently proposed in [5] in which each line in an urban public transport system is assigned its own layer. The rationale behind this approach is to match the movement of a passenger in a transportation system to the definition of walks defined by powers of the supra-adjacency matrix. At a given stop, a passenger has the choice to move along an intra-layer edge, i.e., take the current line to an adjacent stop or move along an inter-layer edge, i.e., change lines (provided that

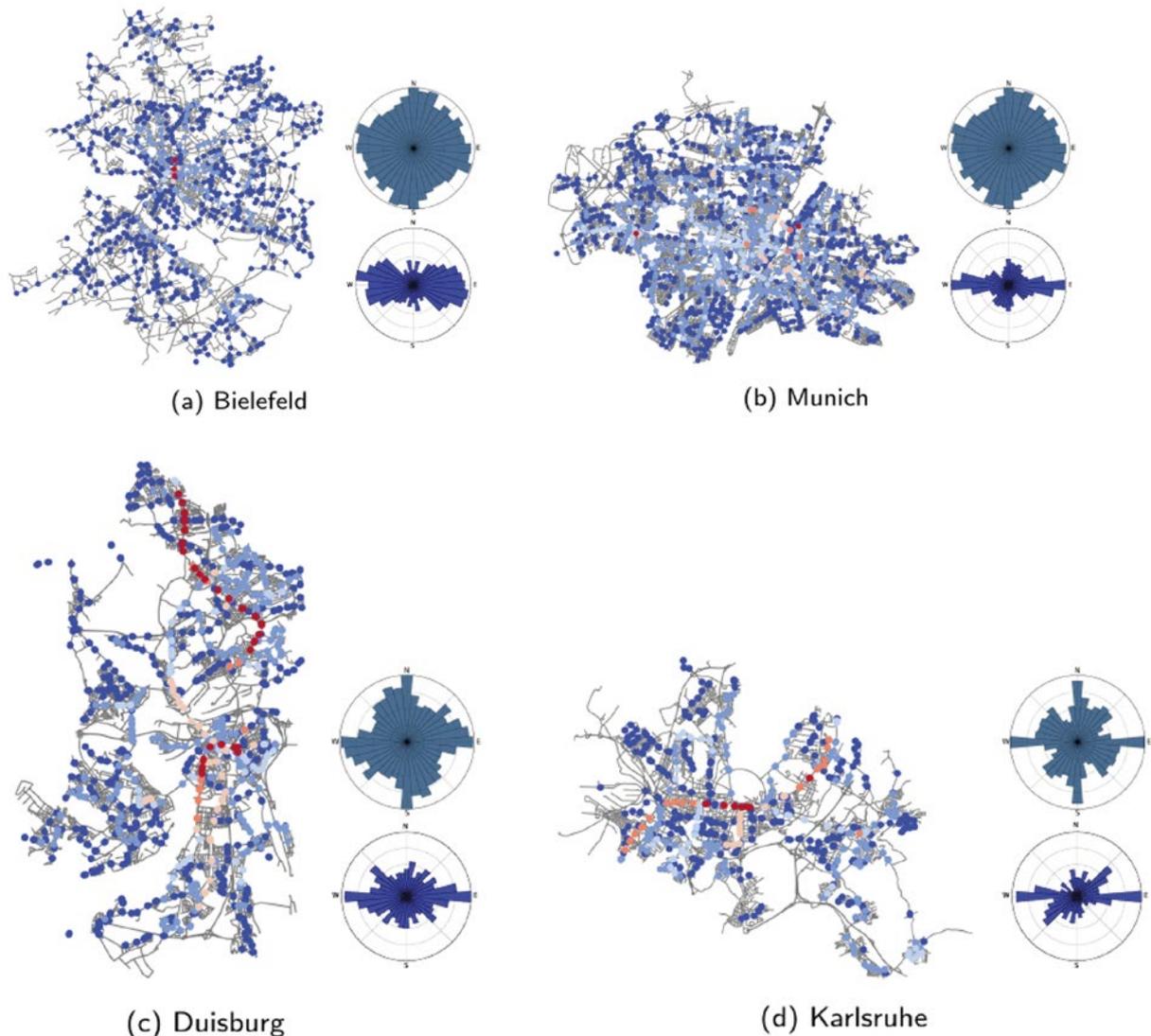


Fig. 3: Centrality measures for a variety of German cities combined with rose diagrams illustrating road orientations (above) and public transport orientations (below).

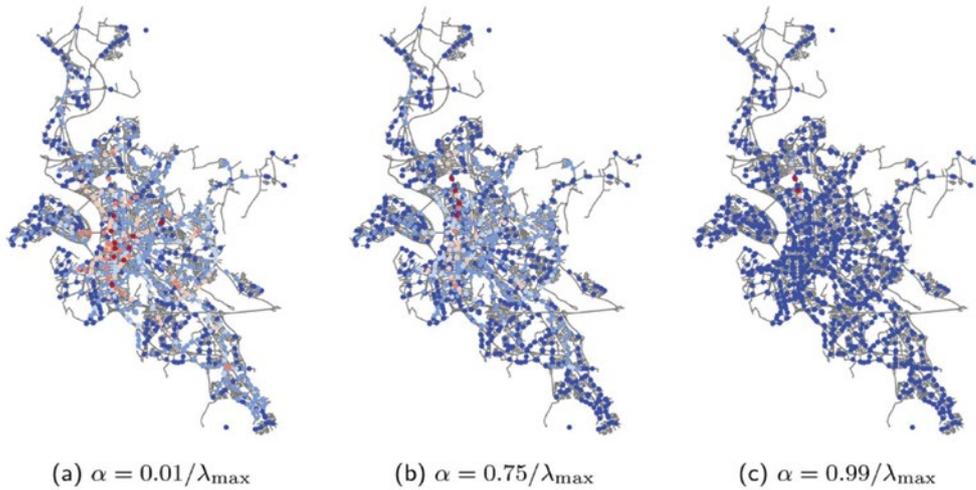


Fig. 4: Varying the locality parameter for a centrality model to interpolate between local and global importance of public transport stops in Düsseldorf.

either type of edge exists). Both actions are associated with a cost in time and intra- and inter-layer edge weights can be chosen accordingly, cf. [5] for more details. Publicly available timetable data for most major German cities allow the formation of general multiplex networks in which the presence of inter-layer edges is determined by whether or not it is possible to change between two lines at a given stop. We define an inter-layer coupling matrix  $A_{\text{inter}}$ , where the off-diagonal blocks of  $A_{\text{inter}}$  contain information about possible line changes. Centrality measures recognize large edge weights as strong connections and strong connections in a transport network are represented by short travel times. We thus treat the travel times as one-dimensional feature vectors and apply a tailored Gaussian kernel that also reflects the increased connectivity of highly frequented lines by larger edge weights. As the German GTFS data set does not contain detailed information about changing times, we choose to define a common transfer time across all stops and all pairs of lines.

Figure 3 shows stop rankings for four selected German cities. Dark red denotes most central and dark blue denotes least central stops. Furthermore, the upper rose diagrams illustrate the orientations (i.e., compass bearings) of the city's street network while the lower rose diagrams show the city's public transport network orientations. Figure 4 shows Katz centrality stop rankings for Düsseldorf for different values of  $\alpha$ . We refer to [5] for more details and further results.

### Stability of coupled oscillators

The spectrum of Laplacian matrices yields insights into structural as well as dynamical properties of single- and multilayer networks. We briefly consider multilayer networks of coupled oscillators. The authors of [6] develop an analytical framework to determine the spectrum of the supra-Laplacian in the special case of simultaneously trigonalizable intra-layer graph Laplacians. Equipped with the spectrum of the supra-Laplacian explicitly available,

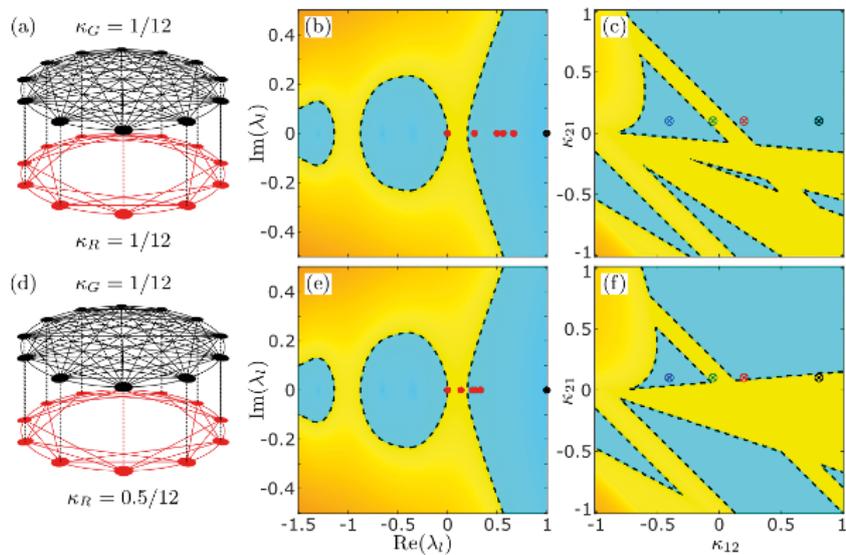


Fig. 5: Left: Network topology of two duplex networks. Middle: Master stability function with intra-layer Laplacian eigenvalues. Right: Maximal Lyapunov exponents in dependence of inter-layer coupling strengths. The figure is reprinted from [6].

one can compute the Lyapunov exponents of the master stability function and hence the stability of synchronous states in multilayer networks of coupled oscillators.

Figure 5 shows an example from [6] in which inter-layer coupling can either stabilize unstable layers, or destabilize stably synchronous uncoupled layers. It shows two duplex (i.e., two-layer) networks of identical FitzHugh–Nagumo oscillators with different intra-layer coupling strengths (left plots), the master stability function with the eigenvalues of the individual layer Laplacians (middle plots), and the maximal Lyapunov exponents in dependence of inter-layer coupling strengths (right plots). Positive values are marked yellow, while blue colors indicate negative values of the master stability function and the maximal Lyapunov exponents. The upper network possesses a stable synchronous solution in the absence of inter-layer coupling, but certain combinations of inter-layer weights can disrupt the stability. Conversely, in the lower network, an unstable synchronous solution can be stabilized by appropriate choices of inter-layer weights [6].

## References

- [1] M. E. Newman, The structure and function of complex networks, *SIAM Review* 45 (2003), no. 2, 167-256.
- [2] M. Kivela, A. Arenas, M. Barthelemy, J. P. Gleeson, Y. Moreno and M. A. Porter, Multilayer networks, *Journal of Complex Networks* 2 (2014), no. 3, 203-271.
- [3] S. Boccaletti, G. Bianconi, R. Criado, C. I. Del Genio, J. Gómez-Gardenes, M. Romance, I. Sendina-Nadal, Z. Wang and M. Zanin, The structure and dynamics of multilayer networks, *Physics Reports* 544 (2014), no. 1, 1-122.
- [4] K. Bergemann and M. Stoll, Fast computation of matrix function-based centrality measures for layer-coupled multiplex networks, *Physical Review E* 105 (2022), no. 3, 034305.
- [5] K. Bergemann and M. Stoll, Orientations and matrix function-based centralities in multiplex network analysis of urban public transport, *Applied Network Science* 6 (2021), no. 1, 1-33.
- [6] R. Berner, V. Mehrmann, E. Schöll and S. Yanchuk, The multiplex decomposition: An analytic framework for multilayer dynamical networks, *SIAM Journal on Applied Dynamical Systems* 20 (2021), no. 4, 1752-1772.
- [7] A. L. Bertozzi and A. Flenner, Diffuse interface models on graphs for classification of high dimensional data, *Multiscale Modeling & Simulation* 10 (2012), no. 3, 1090-1118.
- [8] M. De Domenico, A. Solé-Ribalta, E. Cozzo, M. Kivela, Y. Moreno, M. A. Porter, S. Gómez and A. Arenas, Mathematical formulation of multilayer networks, *Physical Review X* 3 (2013), no. 4, 041022.
- [9] M. Stoll, A literature survey of matrix methods for data science, *Surveys for Applied Mathematics and Mechanics* 43 (2020), no. 3, e202000013.
- [10] D. Taylor, S. A. Myers, A. Clauset, M. A. Porter and P. J. Mucha, Eigenvector-based centrality measures for temporal networks, *Multiscale Modeling & Simulation* 15 (2017), no. 1, 537-574.
- [11] D. Taylor, M. A. Porter and P. J. Mucha, Tunable eigenvector-based centralities for multiplex and temporal networks, *Multiscale Modeling & Simulation* 19 (2021), no. 1, 113-147.
- [12] A. Solé-Ribalta, M. De Domenico, S. Gómez and A. Arenas, Random walk centrality in interconnected multilayer networks, *Physica D: Nonlinear Phenomena* 323 (2016), 73-79.
- [13] L. C. Freeman, A set of measures of centrality based on betweenness, *Sociometry* (1977), 35-41.
- [14] L. C. Freeman, Centrality in social networks conceptual clarification, *Social Networks* 1 (1978), no. 3, 215-239.
- [15] P. Bonacich, Power and centrality: A family of measures, *American Journal of Sociology* 92 (1987), no. 5, 1170-1182.
- [16] S. Brin and L. Page, The anatomy of a large-scale hypertextual web search engine, *Computer Networks and ISDN Systems* 30 (1998), no. 1-7, 107-117.
- [17] E. Estrada and D. J. Higham, Network properties revealed through matrix functions, *SIAM Review* 52 (2010), no. 4, 696-714.
- [18] M. Benzi and P. Boito, Matrix functions in network analysis, *Surveys for Applied Mathematics and Mechanics* 43 (2020), no. 3, e202000012.
- [19] M. Benzi and C. Klymko, On the limiting behavior of parameter-dependent network centrality measures, *SIAM Journal on Matrix Analysis and Applications* 36 (2015), no. 2, 686-706.
- [20] M. Benzi, E. Estrada and C. Klymko, Ranking hubs and authorities using matrix functions, *Linear Algebra and its Applications* 438 (2013), no. 5, 2447-2474.
- [21] S. Gomez, A. Diaz-Guilera, J. Gomez-Gardenes, C. J. Perez-Vicente, Y. Moreno and A. Arenas, Diffusion dynamics on multiplex networks, *Physical Review Letters* 110 (2013), no. 2, 028701.
- [22] A. Arenas, A. Díaz-Guilera, J. Kurths, Y. Moreno and C. Zhou, Synchronization in complex networks, *Physics Reports* 469 (2008), no. 3, 93-153.
- [23] A. Aleta, S. Meloni and Y. Moreno, A multilayer perspective for the analysis of urban transportation systems, *Scientific Reports* 7 (2017), no. 1, 1-9.



**Martin Stoll** is professor for Scientific Computing at TU Chemnitz since 2017. Before that he held a group leader position at the MPI in Magdeburg, where he arrived from PhD and postdoctoral positions at the University of Oxford. His research focuses on numerical linear algebra for large-scale simulation, optimization and data science. In particular, he has worked on fast iterative methods for PDE-constrained optimization and low-rank methods in the context of uncertain and parametric PDEs. He is the Co-Chair of the GAMM activity group on computational and mathematical methods in data science.



**Kai Bergemann** is a PhD student at the Faculty of Mathematics at TU Chemnitz since 2020. He is a member of the research group Scientific Computing, which is headed by Prof. Dr. Martin Stoll and he mainly works on numerical linear algebra methods in multilayer network analysis. Before his PhD studies, he obtained a M.Sc. degree in Industrial Mathematics at TU Chemnitz as well as a B.Sc. degree in Mathematics at the University of Freiburg and Universitat de Barcelona. He is currently president of the GAMM Student Chapter at TU Chemnitz.

# AUTOMATISIERTE UND DATENEFFIZIENTE MATERIALMODELLENTDECKUNG MIT „EUCLID“

VON MORITZ FLASCHEL UND LAURA DE LORENZIS

## Einleitung

In den Naturwissenschaften werden mathematische Modelle als abstrakte und vereinfachte Abbildungen der Realität genutzt, um komplexe Zusammenhänge der Natur zu beschreiben, und um Zukunftsvorhersagen zu treffen. In der Kontinuumsmechanik kann dieses Prinzip zum Beispiel angewendet werden, um die Verformung von Festkörpern beliebiger Geometrie unter externen Einwirkungen zu bestimmen. Ein essenzieller Baustein für Berechnungen dieser Art ist ein Materialmodell, d.h. ein mathematisches Modell, welches die Beziehung zwischen Spannungen und Dehnungen (sowie anderen Zustandsgrößen, wie internen Variablen) charakterisiert. Die Formulierung eines geeigneten Materialmodells zu einem gegebenen Material ist bis auf wenige Ausnahmen phänomenologischer Natur und seit Jahrzehnten eine der Kernaufgaben der Festkörpermechanik und der Materialwissenschaften.

In ihrem populären Fachbuch aus dem Jahre 1994 definieren Jean Lemaitre und Jean-Louis Chaboche den Prozess der Materialmodellidentifizierung wie folgt: „Identification can be defined as all the work which consists in specifying the functions which appear in the model and in finding the numerical values of the coefficients which define the functions for each material. This represents a difficult task which does not follow any rigorous rules and in which experience and 'art of model construction' play a major role in steering between theory and experiment.“ [1] Seit der Veröffentlichung dieses Buches fand jedoch ein Wandel im Fachgebiet der Materialmodellierung statt; der Prozess der Materialmodellidentifizierung stellt nach wie vor eine anspruchsvolle Aufgabe dar, allerdings hat die Entwicklung von datengetriebenen Simulationen und maschinellem Lernen (ML) gezeigt, dass dieser Prozess zu einem beträchtlichen Anteil automatisiert werden kann. In dieser Abhandlung werden die grundsätzlichen Entwicklungen in diesem Bereich dargelegt und die Methode „EUCLID“ (Efficient Unsupervised Constitutive Law Identification and Discovery) [2]–[5] motiviert, welche eine gesteigerte Dateneffizienz aufweist und somit eine erhöhte Realisierbarkeit in der praxisorientierten Materialmodellierung verspricht.

## Herkömmliche Materialmodellierung

Die herkömmliche Strategie der Materialmodellidentifizierung ist, ein Materialmodell basierend auf Erfahrungen

oder Intuition anzunehmen und die darin enthaltenen Materialparameter mit Hilfe experimenteller Messungen zu kalibrieren. In der klassischen Herangehensweise werden dafür Proben des Materials getestet, welche eine einfache geometrische Form und homogene Verformungsfelder aufweisen. Da die von Experimenten dieser Art gewonnenen Daten lediglich einen Teil des dreidimensionalen Materialverhaltens abdecken, gewinnen auf Bilddaten basierende Verformungsfeldmessungen von Proben komplexer Geometrie zunehmend an Popularität [6]. Diese haben den Vorteil, dass durch ein einzelnes Experiment eine Vielzahl verschiedener Verformungszustände im Material aktiviert werden kann. Die Methode der Virtuellen Felder (engl. Virtual Fields Method, VFM) [7] zum Beispiel nutzt zur Materialparameterbestimmung aus Bilddaten generierte Verformungsfelder an der Oberfläche oder im Inneren der Probe sowie Reaktionskräfte am Probenrand. Hierfür wird das inverse Problem zur klassischen Finite Elemente Methode (FEM) aufgestellt. Für eine bestimmte Anzahl an Zeitschritten  $t$  und virtuellen Feldern  $v$  werden die Quadrate der Residuen der schwachen Form des linearen Impulsgleichgewichts  $R_{t,v}$  minimiert. Letztere können, da die kinematischen Größen im Inneren der Probe und die Reaktionskräfte am Probenrand bekannt sind, in Abhängigkeit von den unbekanntem Materialparametern  $\theta$  geschrieben werden. Die Lösung des Minimierungsproblems

$$\operatorname{argmin}_{\theta} \sum_{t,v} (R_{t,v}(\theta))^2, \quad (1)$$

liefert somit die Materialparameter, welche zu einer bestmöglichen Erfüllung des linearen Impulsgleichgewichts führen. Für den Spezialfall, dass das Materialmodell linear von den Materialparametern abhängt, führt das obige Minimierungsproblem zu einem linearen Gleichungssystem. Andernfalls kann es mit Hilfe von nichtlinearen Optimierungsmethoden gelöst werden.

Nach Kalibrierung der Materialparameter kann das von dem Modell vorhergesagte Materialverhalten mit den experimentellen Daten verglichen werden. Sollte das Modell keine ausreichend genaue Verhaltensvorhersage liefern, muss das Modell geändert und seine Parameter erneut kalibriert werden, bis eine zufriedenstellende Vorhersagegenauigkeit erreicht wird. Dieser iterative Prozess, welcher oben als „art of model construction“ bezeichnet wurde, basiert auf dem Trial-and-Error-Prinzip und ist somit be-

nutzerabhängig und fehleranfällig. Eine Automatisierung der Materialmodellidentifizierung, zum Beispiel durch Anwendung von maschinellem Lernen, ist daher von großem Interesse in der Festkörpermechanik.

## Datengetriebene und ML-basierte Materialmodellierung

Der Nachteil der herkömmlichen Modellkalibrierung (z.B. VFM) ist, dass keine Garantie besteht, dass das angenommene Modell im Stande ist das gegebene Material zu beschreiben. Die Anpassungsfähigkeit von herkömmlichen Materialmodellen, welche meist eine geringe Anzahl an Materialparametern beinhalten, ist begrenzt. Dies motivierte die Anwendung von ML-basierten Materialmodellen seit Beginn der 1990er Jahre [8]. Die grundsätzliche Idee ist, einen möglichst allgemeinen mathematischen Ansatz für das Materialverhalten zu wählen, welcher eine Vielzahl an Parametern und demnach eine hohe Anpassungsfähigkeit aufweist. Beispiele sind künstliche neuronale Netzwerke [8], Splines [9] und Gaußsche Prozesse [10]. Durch die erhöhte Anpassungsfähigkeit im Vergleich zu herkömmlichen Modellen sinkt die Wahrscheinlichkeit, dass das Modell das zu untersuchende Material nicht beschreiben kann. Diese Idee noch weiter gedacht, besteht darüber hinaus die Möglichkeit, die Formulierung eines Modellansatzes vollständig zu umgehen, und numerische Simulationen auszuführen, welche direkt durch gegebene Daten infor-

miert werden [11]. So werden Modellierungsfehler, die von der Annahme eines ungeeigneten Materialmodells herrühren, umgangen.

Ungeachtet der bisherigen Erfolge führen ML-basierte Modelle und rein datengetriebene Simulationen Nachteile mit sich. Zum einen sinkt bei der Anwendung dieser Methoden die Interpretierbarkeit des Materialverhaltens. Es ist beispielsweise schwer nachzuvollziehen, welche Rolle bestimmte Parameter oder Aktivierungsfunktionen in einem komplexen neuronalen Netzwerk für das resultierende Verhalten spielen. Zum anderen zeichnen sich die ML-basierten und datengetriebenen Methoden durch eine geringe Dateneffizienz im Vergleich zur herkömmlichen Modellierung aus. Die Mehrzahl der veröffentlichten Methoden basiert auf durch Simulationen auf der Mikroskala künstlich erzeugten Daten, welche verknüpfte Spannungs-Dehnungs-Paare beinhalten. Experimentell ist es allerdings nicht möglich solche verknüpften Daten (engl: labelled data) in großen Mengen zu generieren. Dies motiviert die Entwicklung der Methode EUCLID, die nicht auf verknüpfte Daten angewiesen ist. Abbildung 1 zeigt in schematischer Darstellung den Ablauf der Methode.

## EUCLID

Eine der grundlegenden Ideen von EUCLID ist der Gebrauch von durch Bilddaten gewonnenen Verformungsfeldern und Reaktionskräften in Kombination mit der phy-

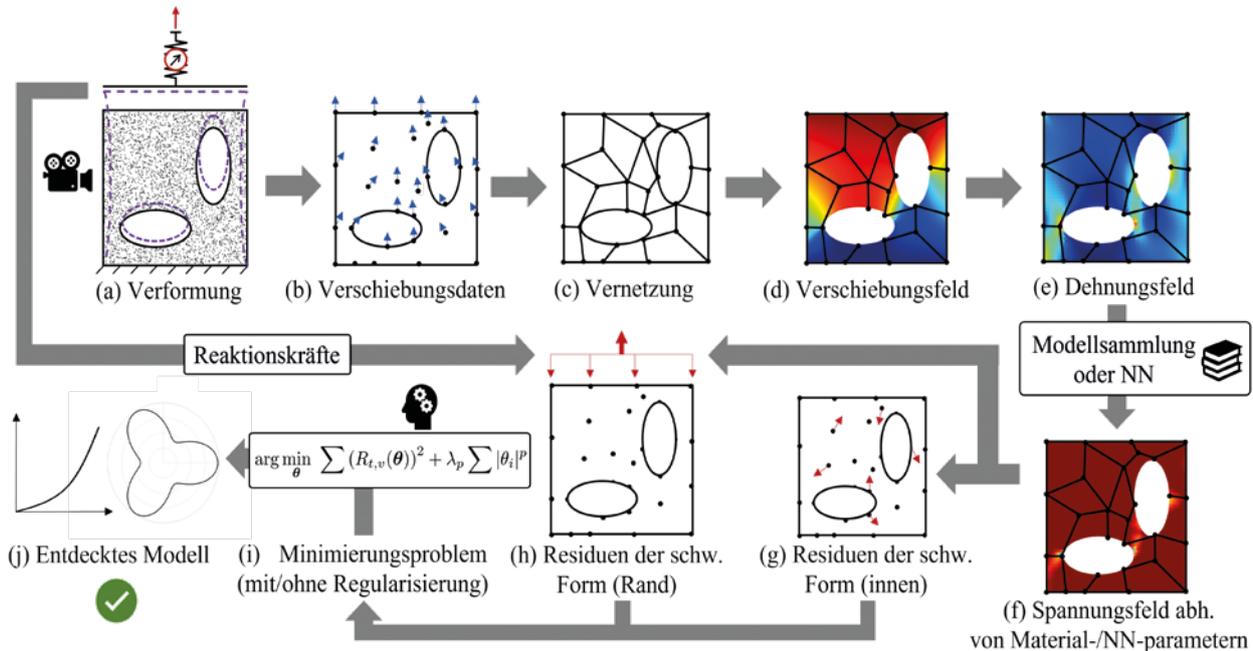


Abb. 1: Ablaufdiagramm für EUCLID. Durch Bilddaten gewonnene Verschiebungsdaten (a,b) einer Probe komplexer Geometrie werden vernetzt (c), um ein kontinuierliches Verschiebungsfeld (d) zu erhalten. Die räumliche Ableitung des Verschiebungsfelds liefert das Dehnungsfeld (e), welches in die Modellsammlung bzw. das neuronale Netz eingesetzt wird, um das Spannungsfeld (f) in Abhängigkeit der Modellparameter zu erhalten. Anschließend werden die Residuen der schwachen Form (g,h) in Abhängigkeit der Modellparameter berechnet und ggf. mit einem Regularisierungsterm minimiert (i) um das Materialmodell zu entdecken (j).

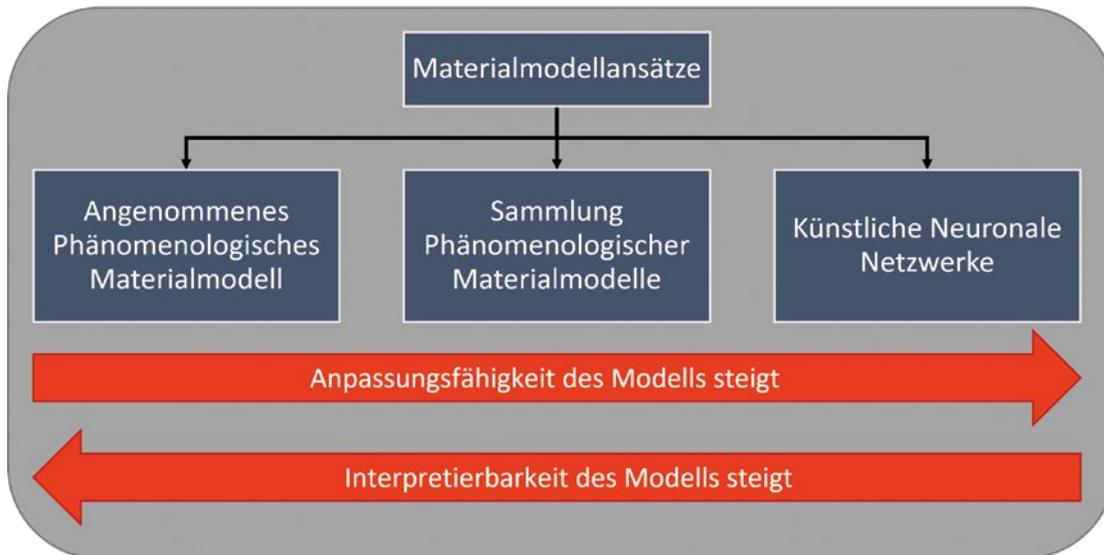


Abb. 2: Materialmodellansätze für die Materialmodellentdeckung basierend auf unverknüpften Daten.

sikalischen Bedingung, dass das lineare Impulsgleichgewicht erfüllt sein soll, um den Mangel an verknüpften Spannungs-Dehnungs-Daten zu kompensieren. Somit basiert die Methode auf dem Minimierungsproblem in (1). Im Gegensatz zur klassischen Materialmodellkalibrierung vermeidet EUCLID allerdings die Annahme eines Materialmodells. Stattdessen wird eine Sammlung vieler möglicher Materialmodelle angenommen, aus welcher das geeignetste Modell automatisch ausgewählt wird, oder das Materialverhalten wird durch einen verallgemeinerten Ansatz eines neuronalen Netzwerks beschrieben. Beide Möglichkeiten werden im Folgenden beschrieben. Je nach Materialmodellansatz steigt oder sinkt die Anpassungsfähigkeit und die Interpretierbarkeit der entdeckten Modelle (siehe Abbildung 2).

### EUCLID basierend auf Materialmodell-sammlung

Eine Möglichkeit, die Modellfehler, die bei Annahme eines Materialmodells entstehen, zu vermeiden, ist die Formulierung einer verallgemeinerten Sammlung an Materialmodellen, aus welcher anschließend das geeignetste ausgewählt wird. Die Formulierung der Modellsammlung erfolgt durch einen parametrischen Modellansatz, welcher möglichst viele aus der Literatur bekannte Materialmodelle enthält. Im Falle der Hyperelastizität kann beispielsweise die Dehnungsenergiedichte (siehe [2]) und im Falle der Elastoplastizität die Fließfunktion (siehe [3]) parametrisiert werden. Im Gegensatz zur klassischen Modellkalibrierung ist es nicht ausschließlich das Ziel, die unbekannt Parameter zu bestimmen, sondern darüber hinaus zu ermitteln, welche Terme in dem verallgemeinerten Ansatz essenziell sind, um das gegebene Material zu beschreiben, und etwaige unnötige Terme zu entfernen. Bei einer Modellsammlung mit  $n$  Parametern bedeutet dies, dass sich insgesamt  $2^n$  verschiedene

Modelle in der Sammlung befinden. Um das geeignetste Modell aus der Sammlung zu finden, wird die Methode der sparsamen Regression (engl: sparse regression) [12], [13] angewendet und das Problem in (1) wird umgeschrieben zu

$$\operatorname{argmin}_{\theta} \left( \sum_{t,v} (R_{t,v}(\theta))^2 + \lambda_p \sum_i |\theta_i|^p \right), \quad (2)$$

wobei der zweite Term in der zu minimierenden Funktion einen Regularisierungsterm darstellt, welcher Lösungsvektoren mit einer hohen Anzahl an Nulleinträgen begünstigt.  $\lambda_p$  ist ein Parameter, der die Anzahl der zu erwartenden Nulleinträge beeinflusst. Dieser kann automatisch gewählt werden um einen Kompromiss zwischen Modellkomplexität und Regressionsgenauigkeit zu finden (siehe [2], [3] für Details). Der Parameter  $p$  bestimmt die Krümmung des Regularisierungsterms. Für  $p \rightarrow 0$  konvergiert der Regularisierungsterm zu einer Funktion, welche die Anzahl der Einträge in  $\theta$  zählt, die nicht null sind. Allerdings ist das Problem schwer lösbar für  $p = 0$  und wird daher für  $0 < p \leq 1$  gelöst. In unserer bisherigen Erfahrung ist die Wahl des Parameters  $p$  nicht ausschlaggebend für den Erfolg der Methode (siehe Zusatzmaterial zu [3]).

Abbildung 3 zeigt beispielhafte Ergebnisse nach Anwendung von EUCLID auf künstlich erzeugte und mit Messrauschen versehene Verformungsfelder und Reaktionskräfte für elastoplastische Materialien. EUCLID ist in der Lage, ohne Zuhilfenahme von lokalen Spannungsdaten, die mathematischen Formeln der Materialmodelle zu entdecken, die bei der Generierung der Daten angenommen wurden. Für den Fall, dass das wahre Modell nicht in der Modellsammlung enthalten ist (wie hier beim Tresca-Modell), wird automatisch ein Ersatzmodell aus der Sammlung gewählt, welches das wahre Modell approximiert.

Beispielmodelle	Fließfunktion ( $f$ )
VM	Wahres Modell $\sqrt{3/2}r - 0.2400$
	$\sigma = 0$ $\sqrt{3/2}r - 0.2400$
	$\sigma = 10^{-4}$ $\sqrt{3/2}r - 0.2402$
	$\sigma = 3 \cdot 10^{-4}$ $\sqrt{3/2}r - 0.2440$
F2	Wahres Modell $\sqrt{3/2}r - (0.2350 + 0.0050 \cos(6\alpha))$
	$\sigma = 0$ $\sqrt{3/2}r - (0.2350 + 0.0050 \cos(6\alpha))$
	$\sigma = 10^{-4}$ $\sqrt{3/2}r - (0.2349 + 0.0055 \cos(6\alpha))$
	$\sigma = 3 \cdot 10^{-4}$ $\sqrt{3/2}r - (0.2329 + 0.047 \cos(6\alpha))$
TR	Wahres Modell $\max( \sigma_1 - \sigma_2 ,  \sigma_2 - \sigma_3 ,  \sigma_3 - \sigma_1 ) - 0.2400$
	$\sigma = 0$ $\sqrt{3/2}r - (0.2139 - 0.0012 \cos(3\alpha) + 0.0169 \cos(6\alpha) + 0.0013 \cos(9\alpha) + 0.0046 \cos(12\alpha))$
	$\sigma = 10^{-4}$ $\sqrt{3/2}r - (0.2143 - 0.0024 \cos(3\alpha) + 0.0158 \cos(6\alpha) + 0.0012 \cos(9\alpha) + 0.0049 \cos(12\alpha))$
	$\sigma = 3 \cdot 10^{-4}$ $\sqrt{3/2}r - (0.2188 + 0.0114 \cos(6\alpha) + 0.0056 \cos(12\alpha))$

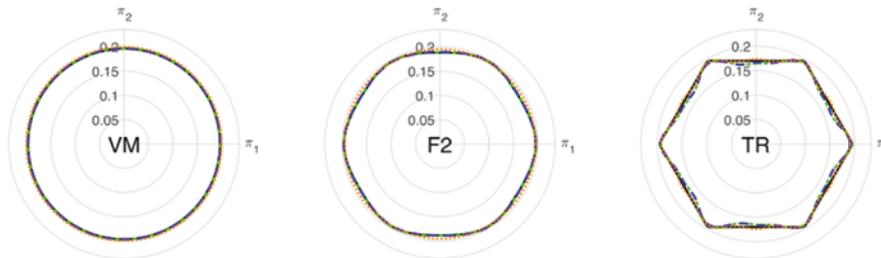


Abb. 3: Mathematische Formeln und grafische Darstellungen der wahren und entdeckten Fließfunktionen des Von-Mises-Modells (VM), Fourier-Modells (F2) und Tresca-Modells (TR) für verschiedene Pegel an Messrauschen  $\sigma$ . (Abbildung aus [3])

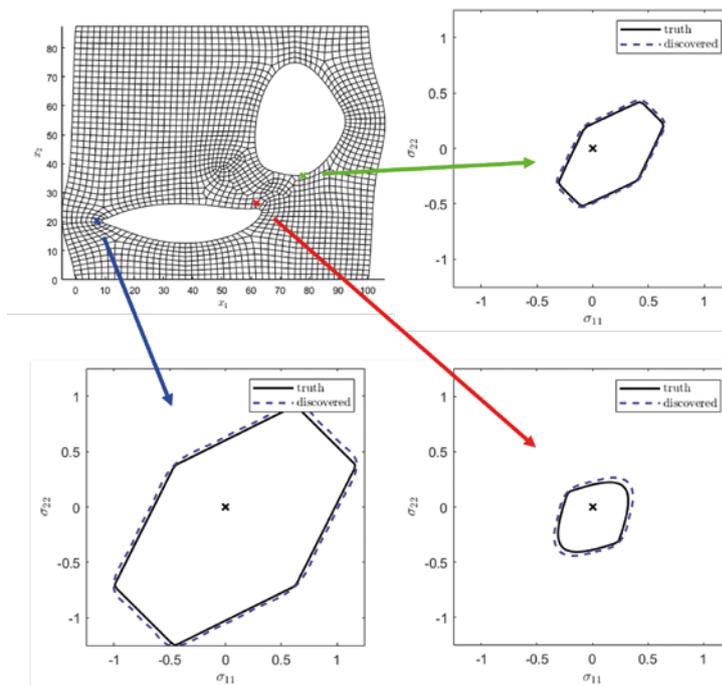


Abb. 4: Fließfläche eines wahren und entdeckten Materialmodells nach unterschiedlicher lokaler Dehnungsgeschichte an verschiedenen Stellen in einer Probe mit komplexer Geometrie. Die Verformung der Probe wurde zur Illustration mit einem Faktor von 25 vergrößert. (Abbildung aus [3])

Der Vorteil von Verformungsfeldmessungen an Proben komplexer Geometrie wird deutlich, wenn elastoplastische Materialien mit Verfestigung untersucht werden. Die komplexe Geometrie führt zu verschiedenen Dehnungspfaden an verschiedenen Stellen der Probe und erhöht somit die Reichhaltigkeit der Daten. Dadurch können durch ein einzelnes Experiment gleichzeitig die

Form der Fließfläche und ihre Evolution durch Verfestigungseffekte entdeckt werden. Abbildung 4 zeigt, um diesen Effekt zu illustrieren, die wahren und entdeckten Fließflächen an verschiedenen Stellen in der Probe nach der Verformung. An den verschiedenen Stellen weist das Material eine unterschiedliche Dehnungsgeschichte und somit unterschiedlich geformte Fließflächen auf.

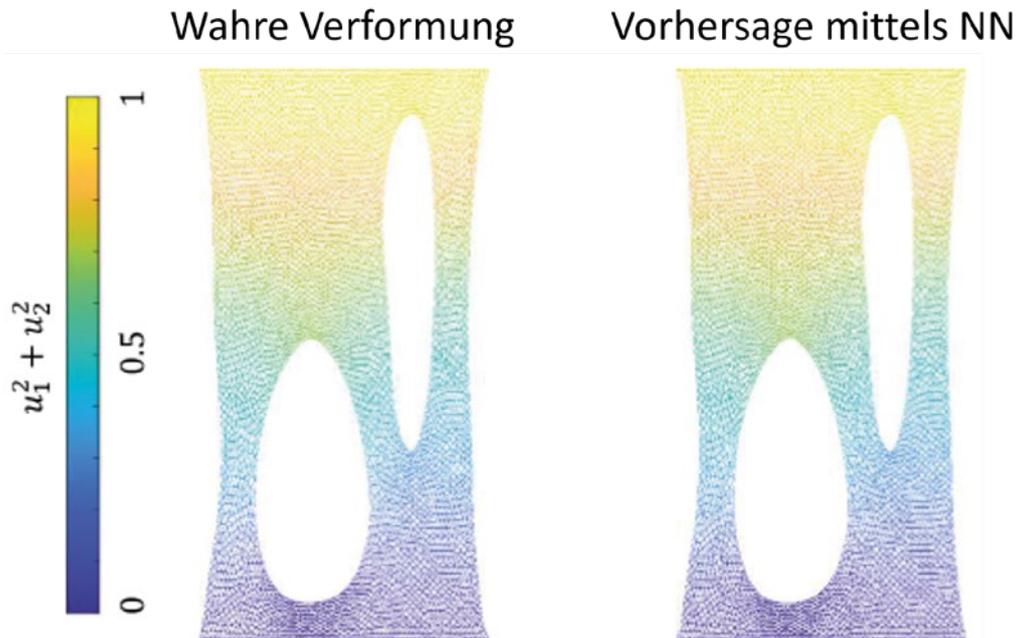


Abb. 5: Wahre und mittels neuronalen Netzwerks vorhergesagte Verformung eines hyperelastischen Materials. (Abbildung aus [5])

Das in diesem Abschnitt beschriebene deterministische Problem kann alternativ von einem stochastischen Standpunkt aus untersucht werden. Das Ziel hierbei ist, nicht nur die Materialparameter, sondern auch deren A-posteriori-Wahrscheinlichkeitsverteilungen zu bestimmen, um deren Unsicherheiten zu quantifizieren. Dies kann durch Anwendung des Markov-Chain-Monte-Carlo-Verfahrens auf die gemeinsame Verteilung der Modellwahrscheinlichkeit und eines Parameter-Priors erfolgen, wobei der Letztere ähnlich wie der Regularisierungsterm in (2) dafür sorgt, dass Modellen mit einer geringen Anzahl an Parametern eine höhere Wahrscheinlichkeit zugeschrieben wird. Interessierte LeserInnen werden auf [4] verwiesen.

### EUCLID basierend auf neuronalen Netzwerken

Das Materialmodell aus einer Sammlung phänomenologischer Modelle auszuwählen hat den Vorteil der Interpretierbarkeit und Kommunizierbarkeit des entdeckten Modells. Es kann jedoch nicht garantiert werden, dass sich in der Modellsammlung ein für die Beschreibung des Materialverhaltens geeignetes Modell befindet. Sollte dies der Fall sein, kann als Alternative ein auf einem neuronalen Netzwerk basierendes Modell herangezogen werden. Als „universal function approximators“ haben

diese den Vorteil der hohen Anpassungsfähigkeit. Bei der Formulierung der neuronalen Netze sollte jedoch darauf geachtet werden, dass der Netzwerkansatz keine bekannten physikalischen Gesetze verletzt. Im Falle der Hyperelastizität kann die Materialstabilität durch die Anwendung konvexer neuronaler Netzwerke (engl: input convex neural networks, ICNN) als Ansatz für die Dehnungsenergiedichte gewährleistet werden (siehe [5], [14], [15]). Im Falle dissipativen Verhaltens, sollten thermodynamische Gesetze nicht verletzt werden [16]. Das Training neuronaler Netzwerke erfordert in der Regel eine große Menge an Daten. EUCLID kann hier eine dateneffiziente Lösung bieten. In [5] werden beispielsweise neuronale Netzwerke für die Beschreibung hyperelastischer Dehnungsenergiedichten genutzt und ausschließlich mit experimentell messbaren Daten wie Verformungsfeldern und Reaktionskräften trainiert indem auf das Minimierungsproblem in (1) zurückgegriffen wird. Die so trainierten Netzwerke können anschließend als das für Finite Elemente Analysen benötigte Materialmodell fungieren. Abbildung 5 zeigt beispielhaft die simulierte Verformung eines hyperelastischen Materials, welche mittels einer durch ein neuronales Netzwerk approximierten Dehnungsenergiedichte vorhergesagt wurde, im Vergleich zur tatsächlichen Verformung.

## Fazit

Datengetriebene Simulationen und ML-basierte Materialmodelle vermeiden Modellierungsfehler, die von der Annahme eines ungeeigneten Materialmodells herrühren. Die Dateneffizienz dieser Methoden kann durch die Verwendung von auf Bilddaten basierenden Feldmessungen sowie die Einarbeitung bekannter physikalischer Gesetze gesteigert werden. Die Interpretierbarkeit der Materialmodelle kann zudem erhöht werden, indem auf mathematisch komplexe Modellansätze verzichtet und stattdessen das Modell aus einer umfassenden Modellsammlung automatisch ausgewählt wird.

Ziele der Zukunft sind, die präsentierten Methoden experimentell zu validieren und die Generalisierbarkeit der Modellansätze zu erweitern. Hierfür sollten Materialmodellsammlungen bzw. neuronale Netzwerke über das Materialverhalten von Hyperelastizität und Elastoplastizität hinaus formuliert werden, sodass der Prozess der Materialmodellentdeckung vollständig automatisiert werden kann und, im Gegensatz zu dem als „art of model construction“ bezeichneten Prozess, rigorosen wissenschaftlichen Regeln folgt.

## Literatur

- [1] J. Lemaitre and J.-L. Chaboche, *Mechanics of solid materials*. Cambridge University Press, 1994.
- [2] M. Flaschel, S. Kumar, and L. De Lorenzis, “Unsupervised discovery of interpretable hyperelastic constitutive laws,” *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, vol. 381, p. 113852, Aug. 2021, doi: 10.1016/j.cma.2021.113852.
- [3] M. Flaschel, S. Kumar, and L. De Lorenzis, “Discovering plasticity models without stress data,” *Nature Partner Journal Computational Materials*, vol. 8, no. 1, p. 91, Dec. 2022, doi: 10.1038/s41524-022-00752-4.
- [4] A. Joshi et al., “Bayesian-EUCLID: Discovering hyperelastic material laws with uncertainties,” *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, vol. 398, p. 115225, Aug. 2022, doi: 10.1016/j.cma.2022.115225.
- [5] P. Thakolkaran, A. Joshi, Y. Zheng, M. Flaschel, L. De Lorenzis, and S. Kumar, “NN-EUCLID: deep-learning hyperelasticity without stress data.” *arXiv*, May 04, 2022. Accessed: May 16, 2022. [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/2205.06664>
- [6] S. Avril et al., “Overview of Identification Methods of Mechanical Parameters Based on Full-field Measurements,” *Experimental Mechanics*, vol. 48, no. 4, pp. 381–402, Aug. 2008, doi: 10.1007/s11340-008-9148-y.
- [7] F. Pierron and M. Grédiac, *The Virtual Fields Method*. New York, NY: Springer New York, 2012. doi: 10.1007/978-1-4614-1824-5.
- [8] J. Ghaboussi, J. H. Garrett, and X. Wu, “Knowledge Based Modeling of Material Behavior with Neural Networks,” *Journal of Engineering Mechanics*, vol. 117, no. 1, pp. 132–153, Jan. 1991, doi: 10.1061/(ASCE)0733-9399(1991)117:1(132).
- [9] T. Sussman and K.-J. Bathe, “A model of incompressible isotropic hyperelastic material behavior using spline interpolations of tension-compression test data,” *Communications in Numerical Methods in Engineering*, vol. 25, no. 1, pp. 53–63, Jan. 2009, doi: 10.1002/cnm.1105.
- [10] A. L. Frankel, R. E. Jones, and L. P. Swiler, “TENSOR BASIS GAUSSIAN PROCESS MODELS OF HYPERELASTIC MATERIALS,” *Journal of Machine Learning for Modeling and Computing*, vol. 1, no. 1, pp. 1–17, 2020, doi: 10.1615/JMachLearnModelComput.2020033325.
- [11] T. Kirchdoerfer and M. Ortiz, “Data-driven computational mechanics,” *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, vol. 304, pp. 81–101, Jun. 2016, doi: 10.1016/j.cma.2016.02.001.
- [12] Ildiko E. Frank and J. H. Friedman, “A Statistical View of Some Chemometrics Regression Tools,” *Technometrics*, vol. 35, no. 2, pp. 109–135, May 1993, doi: 10.1080/00401706.1993.10485033.
- [13] R. Tibshirani, “Regression Shrinkage and Selection via the Lasso,” *Journal of the Royal Statistical Society: Series B*, vol. 58, no. 1, pp. 267–288, Jan. 1996, doi: 10.1111/j.2517-6161.1996.tb02080.x.
- [14] F. As’ad, P. Avery, and C. Farhat, “A Mechanics-Informed Artificial Neural Network Approach in Data-Driven Constitutive Modeling,” presented at the AIAA SCITECH 2022 Forum, San Diego, CA & Virtual, Jan. 2022. doi: 10.2514/6.2022-0100.
- [15] D. K. Klein, M. Fernández, R. J. Martin, P. Neff, and O. Weeger, “Polyconvex anisotropic hyperelasticity with neural networks,” *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*, vol. 159, p. 104703, Feb. 2022, doi: 10.1016/j.mps.2021.104703.
- [16] F. Masi, I. Stefanou, P. Vannucci, and V. Maffi-Berthier, “Thermodynamics-based Artificial Neural Networks for constitutive modeling,” *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*, vol. 147, p. 104277, Feb. 2021, doi: 10.1016/j.



**Moritz Flaschel** studierte bis 2016 Bauingenieurwesen und bis 2019 „Computational Sciences in Engineering“ an der Technischen Universität Braunschweig. Von 2018 bis 2020 arbeitete er dort am Institut für angewandte Mechanik als wissenschaftlicher Mitarbeiter. Seit 2020 ist er Doktorand am Lehrstuhl für numerische Mechanik der ETH Zürich unter der Leitung von Prof. Laura De Lorenzis. Sein Forschungsschwerpunkt liegt auf der automatisierten Materialmodellidentifizierung im Bereich der Festkörpermechanik.



**Prof. Dr. Laura De Lorenzis** hat in ihrem Heimatland Italien studiert, promoviert und eine akademische Laufbahn eingeschlagen. Von 2013 bis 2020 war sie Professorin und Leiterin des Instituts für Angewandte Mechanik an der Technischen Universität Braunschweig. Seit 2020 ist sie Professorin für numerische Mechanik an der ETH Zürich. Im breiten Bereich der angewandten und numerischen Mechanik hat sie zahlreiche Preise und Auszeichnungen erhalten und etwa 130 Artikel in internationalen Fachjournalen veröffentlicht.

**siam**<sup>®</sup>  
**2023**

**AMSTERDAM**



Conference on  
**Computational Science  
and Engineering**

February 26–March 3, 2023

RAI Congress Centre | Amsterdam, The Netherlands



Computational science and engineering are indispensable for leading-edge investigation and engineering design in a vast number of industrial sectors that rely increasingly on advanced modeling and simulation. SIAM Conference on Computational Science and Engineering (CSE23) seeks to enable in-depth technical discussions on a wide variety of major computational efforts on large-scale problems in science and engineering, foster the interdisciplinary culture required to meet these large-scale challenges, and promote the training of the next generation of computational scientists.

The SIAM International Meshing Roundtable Workshop will be a satellite event.

If you think your organization may be interested in sponsoring or exhibiting at CSE23, contact [w.h.a.schilders@tue.nl](mailto:w.h.a.schilders@tue.nl).

**Registration opens December 2022!**

Visit [go.siam.org/cse23](https://go.siam.org/cse23) to learn more and register.

**siam**<sup>®</sup> | Society for Industrial and  
Applied Mathematics

[www.siam.org](https://www.siam.org)

**Dr.-Ing. Natalie Rauter** studierte Flugzeugbau mit dem Schwerpunkt Entwurf und Leichtbau an der Hochschule für angewandte Wissenschaften Hamburg. Nach ihrem Abschluss 2012 war sie als wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Helmut-Schmidt-Universität Hamburg tätig, wo Sie 2016 Ihre Promotion auf dem Gebiet des Structural Health Monitorings mittels geführter Ultraschallwellen in dünnwandigen Kompositen abschloss. Es folgten Tätigkeiten als Entwicklungsingenieurin im Bereich von endlos- und kurzfaserverstärkten Kunststoffen, bevor sie als Postdoc an die Helmut-Schmidt-Universität Hamburg zurückkehrte. Seitdem befasst sie sich neben dem Structural Health Monitoring mit der probabilistischen, nichtlinearen Materialmodellierung von kurzfaserverstärkten Kunststoffen. Nach einer von dem DAAD geförderten Kooperation an der University of Pennsylvania, vertritt sie aktuell die Professur für Mechanik an der Helmut-Schmidt-Universität Hamburg.

Dünnwandige Strukturen aus faserverstärkten Kunststoffen kommen auf Grund ihrer ausgezeichneten spezifischen Steifigkeit und Festigkeit in der Automobil- und Luftfahrtindustrie zum Einsatz. Auf Grund des geschichteten Aufbaus und der Kombination unterschiedlicher Konstituenten bergen Strukturen aus faserverstärkten Kunststoffen allerdings die Gefahr interlaminarer und mikrostruktureller Schädigungen, welche von außen durch eine Sichtprüfung nicht detektierbar sind. Folglich ist für den sicheren Betrieb solcher Strukturen ein geeignetes Monitoring System essentiell. Ein Ansatz der hier seit geraumer Zeit im Fokus von Forschungsarbeiten steht, ist die Schadendetektion und Strukturüberwachung mittels geführter Ultraschallwellen. Darauf aufbauend befasste sich Natalie Rauter im Rahmen ihrer

Promotion mit der Detektion von mikrostrukturellen Schädigungen in dünnwandigen Faserverbundstrukturen mittels geführter Ultraschallwellen. Der Schwerpunkt lag dabei auf der nichtlinearen Wellenausbreitung. Hierbei werden die, durch die Schädigungen angeregten, höherharmonischen Moden detektiert, um eine Aussage über den aktuellen Zustand der Struktur und eventuellen Schäden innerhalb des Materials machen zu können [1]. Unter der Betreuung von Herrn Prof. Lammering beinhalteten diese Arbeiten die Modellierung des nichtlinearen Materialverhaltens von Faserverbundstrukturen in Kombination mit der nichtlinearen, transienten Simulation der Wellenausbreitung sowie die experimentelle Untersuchung von Ermüdungsschäden und deren Einfluss auf das Ausbreitungsverhalten der Wellen [2-4]. Es konnte gezeigt werden, dass das nichtlineare Ausbreitungsverhalten von geführten Ultraschallwellen durch die Verwendung hyperelastischer Materialmodelle zur Abbildung des nichtlinearen Materialverhaltens von faserverstärkten Kunststoffen berücksichtigt werden kann. Nach der Promotion war Natalie Rauter vorübergehend als Entwicklungsingenieurin in der Wirtschaft tätig. Dort befasst Sie sich zunächst mit strukturmechanischen Fragestellungen rund um die Segmentierung von Rotorblättern für Windenergieanlagen der Multimegawattklasse. Es folgte

## STECKBRIEF



eine Anstellung im Bereich von Spritzgussbauteilen aus kurzfaserverstärkten Kunststoffen. Parallel zu diesen Tätigkeiten, war Natalie Rauter Lehrbeauftragte im Masterstudiengang Maschinenbau an der Helmut-Schmidt-Universität. Anfang 2019 kehrte Sie zunächst als PostDoc und ab Mitte 2019 als wissenschaftliche Laborleiterin an die Universität zurück. Seit April 2022 vertritt Sie nun die Professur für Mechanik.

Natalie Rauter befasste sich seit ihrer Rückkehr an die Universität mit der stochastischen Modellierung der Materialeigenschaften von kurzfaserverstärkten Kunststoffen. Während des Fertigungsprozesses mittels Spritzgießens wird eine Mikrostruktur mit probabilistischen Merkmalen erzeugt. So können die Faser-Verteilung, die Faserlänge und die Faserorientierung, welche

alle maßgeblich die Materialeigenschaften des Verbundes prägen, als ein Ergebnis eines Zufallsexperiments angesehen werden. Dieses schlägt sich unter anderem in einer Weibull-Verteilung für die Faserlänge nieder [5]. Die probabilistischen Eigenschaften der Mikrostruktur sind darüber hinaus auch auf der Komponentenebene noch wirksam. So führen diese zu örtlich verteilten Materialeigenschaften [6,7]. Ziel der aktuellen Arbeiten auf diesem Gebiet ist die Entwicklung eines skalenübergreifenden Materialmodellierungsansatzes, welcher die Informationen der probabilistischen Mikrostruktur auf die Komponentenebene überträgt, ohne dass eine dezidierte Modellierung der Mikrostruktur erforderlich ist. Ausgangspunkt ist dabei die Verwendung von Zufallsfeldern mit deren Hilfe die örtlich streuenden Materialeigenschaften abgebildet werden können, wie es beispielhaft in Abbildung 1 dargestellt ist. Hierzu sind Informationen über die Korrelationsstruktur der Materialeigenschaften über den Ort notwendig, mit deren Hilfe die Zufallsfelder synthetisiert werden können. Standardansätze sind in diesem Zusammenhang die Karhunen-Loève Expansion oder der expansion optimal linear estimate mit deren Hilfe ein Fredholm Integral gelöst wird, dessen Kernel die Korrelationsfunktion ist. Der vorgestellte Modellierungsansatz wurde erfolgreich für linear-elastisches,

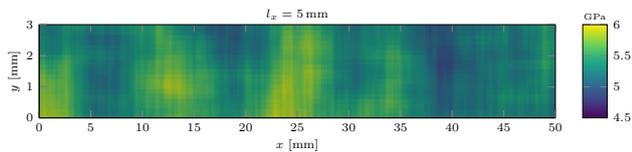


Abb. 1: Repräsentation eines Materialparameters mittels eines Zufallsfeldes, um die örtliche Streuung des Parameters berücksichtigen zu können [7].

aber auch für ideal-plastisches Materialverhalten unter der Annahme großer Verformungen umgesetzt [7,8]. Die Erweiterung erfolgte dabei in Kooperation mit Ass.-Prof. Celia Reina von der University of Pennsylvania, welche durch den DAAD gefördert wurde. Ein beispielhaftes Ergebnis der Modellierung des elasto-plastischen Materialverhaltens ist in Abbildung 2 dargestellt.

Neben den Arbeiten auf dem Gebiet der probabilistischen Materialmodellierung ist Natalie Rauter auch weiterhin dem Structural Health Monitoring und hier im speziellen der Anwendung von geführten Ultraschallwellen in dünnwandigen Strukturen verbunden. Seit 2020 wirkt Sie als Principle Investigator in der DFG-geförderten Forschungsgruppe FOR 3022 „Ultrasonic Monitoring of Fibre Metal Laminates Using Integrated Sensors“ mit. Ziel der Forschungsgruppe ist die Anwendung von geführten Ultraschallwellen in Faser-Metall-Laminaten mittels integrierter Sensorik. Im Vergleich zu den bis dato betrachteten Faserverbundstrukturen weisen Faser-Metall-Laminat Impedanzsprünge in Dickenrichtung auf, welche das Wellenausbreitungsverhalten signifikant verändern. Entsprechend galt es zunächst zu klären, ob die Wellenausbreitung immer noch den Grundlagen von geführten Ultraschallwellen in dünnwandigen Strukturen folgt [9]. Ihr Hauptaugenmerk liegt im Rahmen dieses Kooperationsvorhabens auf dem Bereich der numerischen Simulation der Wellenausbreitung in Faser-Metall-Laminaten sowie der Unterstützung durch Modellrechnungen für experimentelle und mathematische Fragestellungen.

Neben diesen Arbeiten ist Natalie Rauter auch an dem durch das Zentrum für Digitalisierungs- und Technologieforschung der Bundeswehr geförderten Projekt „SHM – Digitalisierung und Überwachung von Infrastrukturbauwerken“ beteiligt. Innerhalb dieses Forschungsvorhabens ist es ihr Ziel, die beiden bisher unabhängigen Forschungsschwerpunkte des Structural Health Monitorings und der probabilistischen, nichtlinearen, skalenübergreifenden Materialmodellierung zusammenzuführen, um das volle Potential beider Ansätze ausschöpfen zu können. Als Anwendungsbeispiel dienen hierzu Brücken, welche für die Infrastruktur in Deutschland eine essentielle Rolle spielen und flächendeckend durch Schäden gefährdet sind.

**Literatur**

[1] N. Rauter. Analyse des Einflusses der Werkstoffdegradation auf die nichtlineare Wellenausbreitung in unidirektionalen Compositen - Experimentelle Untersuchung mit numerischer Analyse und Modellbildung. Dissertation, Helmut-Schmidt-Universität / Universität der Bundeswehr Hamburg, 2016.  
 [2] N. Rauter, R. Lammering. Numerical simulation of the nonlinear wave propagation based on the cumulative second harmonic lamb wave genera-

tion in isotropic media considering material and geometrical nonlinearities. Smart Materials and Structures, Volume 24, 045027, doi: 10.1088/0964-1726/24/4/045027, 2015.

[3] N. Rauter, R. Lammering, T. Kühnrich. On the detection of fatigue damage in composites by use of second harmonic guided waves. Composite Structures, 152, 247–258, doi: 10.1016/j.compstruct.2016.05.049, 2016.  
 [4] N. Rauter, R. Lammering. A constitutive model for the analysis of second harmonic Lamb waves in unidirectional composites, International Journal of Solids and Structures, 135, 184–196, doi: 10.1016/j.ijsolstr.2017.11.019, 2018.  
 [5] N. Rauter, R. Lammering. Correlation structure in the elasticity tensor for short fiber-reinforced composite, Probabilistic Engineering Mechanics, 62, 103100, doi: 10.1016/j.probengmech.2020.103100, 2020.  
 [6] N. Rauter, R. Lammering. Experimental characterization of short fiber-reinforced composites on the mesoscale by indentation tests, Applied Composite Materials, 28, 1747–1765, doi: 10.1007/s10443-021-09937-4, 2021.  
 [7] N. Rauter. Numerical simulation of the elastic-ideal plastic material behavior of short fiber-reinforced composites including its spatial distribution with an experimental validation, preprint, doi:10.21203/rs.3.rs-1687796/v1, 2022.  
 [8] N. Rauter. A modeling approach for short fiber-reinforced composites with experimental verification, Computational Mechanics, 67, 699–722, doi: 10.1007/s00466-020-01958-3, 2021.  
 [9] A. Mikhaylenko, N. Rauter, N. K. B. Muralidhar, D. Lorenz, R. Lammering. Numerical Analysis of the Main Wave Propagation Characteristics in a Steel-CFRP Laminate Including Model Order Reduction, Acoustics, 4, 517–537, doi: 10.3390/acoustics4030032, 2022.  
 [10] N. K. B. Muralidhar, N. Rauter, A. Mikhaylenko, R. Lammering, D. Lorenz. Parametric Model Order Reduction of Guided Ultrasonic Wave Propagation in Fiber Metal Laminates with Damage, Modelling, 2, 591–608, doi: 10.3390/modelling2040031, 2021.

**Kontakt:**

Dr.-Ing. Natalie Rauter  
 Professur für Mechanik  
 Helmut-Schmidt-Universität / Universität der Bundeswehr Hamburg  
 Holstenhofweg 85, 22043 Hamburg  
 Tel.: +49 (0)40 6541 2872  
 natalie.rauter@hsu-hh.de  
 https://www.hsu-hh.de/mechanik/team/dr-ing-natalie-rauter

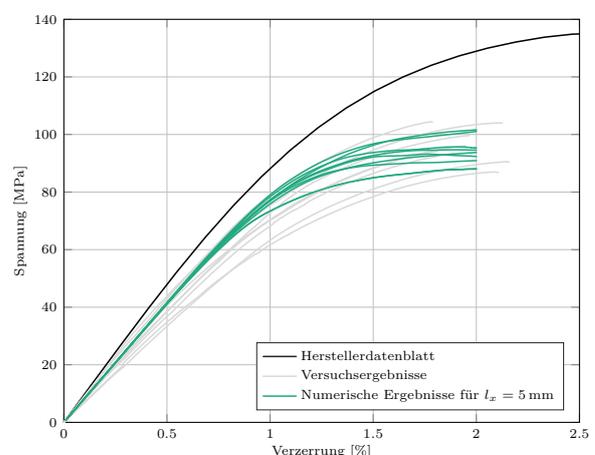


Abb. 2: Numerische Simulation des elasto-plastischen Materialverhaltens von kurzfaserverstärkten Kunststoffen mit vergleichenden experimentellen Daten. Die Ergebnisse zeigen das streuende Materialverhalten, welches durch den Fertigungsprozess entsteht [7].

**Dr. Christian Merdon** studierte Mathematik mit Nebenfach Physik an der Humboldt-Universität zu Berlin. Während seiner Promotion zum Thema garantierte Fehlerkontrolle für partielle Differentialgleichungen führten ihn zwei Auslandsaufenthalte an die Yonsei University in Seoul, Südkorea. Direkt im Anschluss der Promotion wurde er Postdoc am Weierstraß-Institut für Angewandte Analysis und Stochastik (WIAS) und forscht dort vorrangig an numerischen Methoden für Strömungssimulationen und gekoppelte physikalische Prozesse.

Strömungssimulationen spielen eine wichtige Rolle in vielen physikalischen und chemischen Prozessen und die Entwicklung effizienter Diskretisierungsverfahren ist daher ein wichtiger Teil der angewandten mathematischen Forschung. Nach Eintritt in das WIAS war Herr Merdon in einem BMBF-Projekt zur Grundlagenforschung für "Magnesium-Luft-Batterien" beschäftigt mit dem Ziel, die KollegInnen der experimentellen und theoretischen Chemie im Verbundprojekt durch Simulationen zur Parameteridentifikation und Modellvalidierung zu unterstützen. Um experimentelle Daten und Simulationsdaten möglichst gut miteinander vergleichen zu können, konzentrierte man sich in Bonn auf Experimente mit einer genau spezifizierten Dünnschicht-Flusszelle, die gut im Computer nachzubilden war, vergleiche Abbildung 1. Durch diese

Zelle fließt beispielsweise ein elektrisch neutrales Gemisch aus mehreren verschieden geladenen Spezies, die an einer Elektrode reagieren und in einer zweiten Kammer hinter einer Membran von einem Massenspektrometer detektiert werden können. Zeitabhängige Zyklovoltammogramme liefern einen "Fingerabdruck" des studierten Prozesses an der Elektrode [1]. Mathematisch modelliert wurde dies als zeitabhängiger Transport von Kontinuumsgrößen in einer laminaren Strömung durch eine komplizierte Geometrie. Die Diskretisierung im Computer sollte dabei gewisse qualitative Eigenschaften der mathematische Größen erhalten. Ausgehend von einem geringen Anteil reaktiver Spezies in der laminaren Gesamtströmung und damit gleichbleibender Dichte (=Inkompressibilität) und Viskosität, war die Näherung durch ein divergenzfreies Geschwindigkeitsfeld sinnvoll und garantiert gewisse Schranken für die Konzentrationen der Spezies. Im Diskreten erreicht man dies durch die Kopplung exakt divergenzfreier Finite-Elemente-Methoden (FEM) für die Strömung und spezieller Finite-Volumen-Methoden (FVM) für den Transport. Frühere Arbeiten basierten auf der Scott-Vogelius-FEM, die in drei Dimensionen hohe Polynomgrade auf speziellen baryzentrisch verfeinerten Triangulierungen und damit einen sehr hohen numerischen Aufwand erfordert. Zusammen mit Alexander Linke suchte Herr Merdon daher nach alternativen, weniger aufwendigen Verfahren mit ähnlichen qualitativen Eigenschaften.

Klassische FEM für das Stokes-Problem, wie die oft verwendeten Taylor-Hood-FEM, nutzen eine Relaxierung der Divergenzfreiheit, die nicht nur Konsequenzen für den Masseerhalt der transportierten Spezies hat, sondern in komplizierteren Strömungen auch Diskretisierungsfehler erzeugen kann, die die Genauigkeit des Geschwindigkeitsfeldes beein-

trächtigen können. Ursächlich dafür ist die Verletzung des Prinzips "Rotationen von Gradientenfeldern verschwinden", die unphysikalische Kopplungen zwischen rotationsfreien Kräften in der diskreten Gleichung (bilanziert durch den FEM-Druck) und dem Geschwindigkeitsfeld der FEM verursacht. Es handelt sich sogar um ein Locking-Phänomen, denn der Fehler kann mit dem Inversen der Viskosität skalieren [2]. Dies führte zur Identifizierung und Entwicklung von sogenannten druckrobusten Verfahren [3], die eine ungestörte Bilanzierung der rotationsfreien Kräfte im Druckgradienten ermöglichen. Vereinfacht gesagt berechnen druckrobuste Verfahren das Geschwindigkeitsfeld auch dann akkurat, wenn der Druck nicht gut approximiert wird, während klassische Verfahren auch den Druck gut approximieren müssen.

Es stellte sich heraus, dass man die Bilanzierung in vielen klassischen FEM reparieren kann, indem man die Testfunktionen an entscheidenden Stellen der Gleichung durch einen Rekonstruktionsoperator modifiziert [3,4,5,6,7]. Die Anwendung der Rekonstruktionsoperatoren ist lokal und erhöht den numerischen Gesamtaufwand kaum, und kann das diskrete Geschwindigkeitsfeld nach dem Lösen exakt divergenzfrei machen. Solch ein Verfahren ersetzt dann schließlich die Scott-Vogelius-FEM in der Kopplung für die anfangs erwähnten Dünnschicht-Flusszell-Simulationen und reduziert den numerischen Aufwand erheblich ohne die qualitativen Eigenschaften der FVM zu kompromittieren [1,8].

Danach galt es herauszufinden, in welchen Situationen die Druckrobustheit oder exakte Divergenzfreiheit qualitative Vorteile gegenüber klassischen Verfahren bietet und wie die Druckrobustheit mit anderen Herausforderungen in komplizierteren Strömungsproblemen vereinbar ist. Eine davon sind gekoppelte physikalische Prozesse, wie elektro-osmotische Strömungen [8], bei denen eine Coulombkraft das Geschwindigkeitsfeld antreibt. Komplizierte Drücke können jedoch nicht nur durch gekoppelte Gleichungen, sondern auch aus der Strömung selbst heraus entstehen: die Materialableitung des Geschwindigkeitsfelds, also die Beschleunigung der Teilchen in der Strömung durch die Strömung selbst, kann ebenfalls einen großen rotationsfreien Anteil haben, zum Beispiel bei Potentialströmungen oder Wirbeln [3,9,10], siehe auch Abbildung 2.

Zusätzlich zum Phänomen der dominanten Konvektion, das man von skalaren Diffusions-Konvektions-Gleichungen kennt, kann eine fehlende Druckrobustheit die akkurate Diskretisierung des Konvektionsterms weiter erschweren. Hier konnten mithilfe der Vortizitäts-Gleichung, die nur den di-

## STECKBRIEF



Foto: Verena Brandt

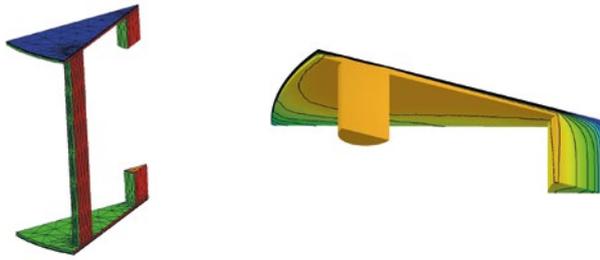


Abb. 1: Rotationssymmetrischer Teil einer Dünnschicht-Flusszelle (links) und Konzentrationsprofil einer transportierten und an Elektrode konsumierten Spezies (rechts) unter Einhaltung des Maximumsprinzips.

vergenzfreien Anteil sieht, druckrobuste Fehlerschätzer und eine neue Konvektionsstabilisierung entwickelt werden, die sich nicht durch eine schlechte Approximation des Drucks beeinflussen lassen [10,11,12]. Seine während der Promotion gesammelten Erfahrungen zu a posteriori Fehlerschätzern konnte Herr Merdon nebenher auch in der Entwicklung adaptiver FEM für stochastische PDEs einsetzen [13,14].

Aktuell forscht Herr Merdon an kompressiblen Strömungen. Für kleine Mach-Zahlen besitzt die Strömung immer noch einen hohen divergenzfreien Anteil, die Druckfelder sind durch die Dichteänderungen jedoch im Allgemeinen viel komplizierter: während bei einer inkompressiblen Strömung das Gravitationspotential einen polynomialen Druck erzeugt, ist es bei einer kompressiblen Strömung durch die Variationen in der Dichte ein im allgemeinen nichtpolynomialer Druck.

Prototypen, die die Ideen der Druckrobustheit nutzen, zeigen auch im kompressiblen Fall wesentliche Vorteile [15]. Für die Code-Entwicklung nutzt Herr Merdon die junge Programmiersprache Julia [16], denn sie erlaubt leicht installierbare Pakete, performanten Code und einen einfachen Zugang zu Konzepten wie Reproduzierbarkeit und dem automatischem Differenzieren. Davon profitiert auch ein anderes angewandtes Projekt am WIAS, das sich mit elektro-mechanischen Simulationen von heterogenen Strukturen wie Nano-drähten beschäftigt.

In einem kürzlich gestarteten DFG-Projekt zusammen mit Sebastian Matera vom Fritz-Haber-Institut geht es abermals um eine Kopplung von Strömung und Transport in komplexen Geometrien mit Fokus auf in-situ Experimenten zum Studium heterogener Katalyse. Hier beschreibt eine nichtlineare Randbedingung die Reaktivität des Katalysators, die von vielen Variablen abhängen kann, und beispielsweise durch atomistische kinetische Monte-Carlo-Methoden oder neuronale Netze modelliert und approximiert wird. Das Ziel ist es, durch geeignete Diskretisierung des Problems ein Werkzeug zu schaffen, das es erlaubt, viele verschiedene Modelle für die Reaktivität zu testen und so zum Verständnis der Reaktionsmechanismen und Experimentdaten beizutragen.

## Literatur

- [1] H. Baltruschat, J. Fuhrmann, M. Khodayari, A. Linke, C. Merdon, F. Neumann and T. Streckenbach, Inverse modeling of thin layer flow cells for detection of solubility, transport and reaction coefficients from experimental data, *Electrochimica Acta* 211 (2016), 1–10
- [2] V. John, A. Linke, C. Merdon, M. Neilan and L. Rebholz, On the divergence constraint in mixed finite element methods for incompressible flows, *SIAM Review* 59(3) (2017), 492–544

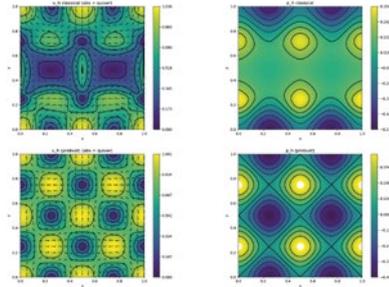


Abb. 2 : Geschwindigkeitsfeld (links) und Druck (rechts) einer stationären Navier-Stokes-Rechnung (dimensionslose Viskosität 0.0002) mit der Bernardi-Raugel-FEM, unmodifiziert (oben) vs. druckrobust modifiziert (unten).

- [3] A. Linke and C. Merdon, Pressure-robustness and discrete Helmholtz projectors in mixed finite element methods for the incompressible Navier–Stokes equations, *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering* 311 (2016), 304–326
- [4] P. Lederer, A. Linke, C. Merdon and J. Schöberl, Divergence-free reconstruction operators for pressure-robust Stokes discretizations with continuous pressure finite elements, *SIAM Journal on Numerical Analysis* 55(3) (2017), 1291–1314
- [5] A. Linke, C. Merdon and M. Neilan, Pressure-robustness in quasi-optimal a priori estimates for the Stokes problem, *Electronic Transactions on Numerical Analysis*, Vol. 52 (2020), 281294
- [6] D. Frerichs and C. Merdon, Divergence-preserving reconstructions on polygons and a really pressure-robust virtual element method for the Stokes problem, *IMA Journal of Numerical Analysis*, Vol. 42, Issue 1, 597–619 (2022)
- [7] T. Apel, V. Kempf, A. Linke and C. Merdon, A nonconforming pressure-robust finite element method for the Stokes equations on anisotropic meshes, *IMA Journal of Numerical Analysis*, Vol. 42, Issue 1, 392–416 (2022)
- [8] J. Fuhrmann, C. Guhlke, A. Linke, C. Merdon and R. Müller, Induced charge electroosmotic flow with finite ion size and solvation effects, *Electrochimica Acta* 317 (2019), 778–785
- [9] N. Ahmed, A. Linke and C. Merdon, On really locking-free mixed finite element methods for the transient incompressible Stokes equations, *SIAM Journal on Numerical Analysis*, 56 (2018), 185–209
- [10] N. Ahmed, G. R. Barrenechea, E. Burman, J. Guzman, A. Linke and C. Merdon, A pressure-robust discretization of Oseen's equation using stabilization in the vorticity equation, *SIAM Journal on Numerical Analysis*, 59(5) (2021), 2746–2774
- [11] P. L. Lederer, C. Merdon and J. Schöberl, Refined a posteriori error estimation for classical and pressure-robust Stokes finite element methods, *Numerische Mathematik*, 142 (2019), 713–748
- [12] P.L. Lederer and C. Merdon, Guaranteed upper bounds for the velocity error of pressure-robust Stokes discretisations, *Journal of Numerical Mathematics* (online, 2021)
- [13] M. Eigel and C. Merdon, Local equilibration error estimators for guaranteed error control in adaptive higher-order stochastic Galerkin finite element methods, *SIAM/ASA Journal on Uncertainty Quantification* 4 (2016), 1372–1397
- [14] M. Eigel, C. Merdon and J. Neumann, An adaptive multi level Monte-Carlo method with stochastic bounds for quantities of interest with uncertain data, *SIAM/ASA Journal on Uncertainty Quantification* 4 (2016), 1219–1245
- [15] M. Akbas, T. Gallouet, A. Gassmann, A. Linke and C. Merdon, A gradient-robust well-balanced scheme for the compressible isothermal Stokes problem, *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering* 367 (2020), 113069
- [16] C. Merdon, *GradientRobustMultiPhysics.jl*, DOI: 10.5281/zenodo.6998975

## Kontakt:

Dr. Christian Merdon

Research Group Numerical Mathematics and Scientific Computing

Weierstrass Institute for Applied Analysis and Stochastics

Mohrenstr. 39 • 10117 Berlin, Germany

phone: +49 30 20372 452

[www.wias-berlin.de/people/merdon](http://www.wias-berlin.de/people/merdon)

# Featured Lectures & Videos from SIAM Conferences

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

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

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

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

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



**Watch now: [siam.org/featured-lectures-videos](https://www.siam.org/featured-lectures-videos)**





**DR.-ING. MARGARITA CHASAPI**

**EPFL  
CHAIR OF NUMERICAL MODELLING AND SIMULATION  
EMAIL: MARGARITA.CHASAPI@EPFL.CH  
PHONE: +41 21 693 86 21**

**M.SC. CHRISTOPH BÖHM**

**LEIBNIZ UNIVERSITÄT HANNOVER  
INSTITUT FÜR KONTINUUMSMECHANIK  
E-MAIL: BOEHM@IKM.UNI-HANNOVER.DE  
PHONE: +49-511-762-2285**

**JUNGE TALENTE IN  
BESTER GESELLSCHAFT**

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



# 10 JAHRE GAMM JUNIORS

VON MARGARITA CHASAPI & MERTEN STENDER

Die GAMM-Juniors sind junge Nachwuchswissenschaftlerinnen und Nachwuchswissenschaftler, die sich durch herausragende Leistungen in Master-/Diplom- und/oder Doktorarbeiten auf dem Gebiet der Angewandten Mathematik oder Mechanik auszeichnen. In jedem Jahr werden 10 neue GAMM-Juniors ernannt, die 3 Jahre lang als Junior in der GAMM wirken können. Da die ersten Juniors

für die Jahre 2011-2014 ernannt wurden, kann ein mehr als 10-jähriges Bestehen gefeiert werden. In dieser Zeit wurden viele Projekte erfolgreich umgesetzt und verstetigt, wie die SMM Summerschools, das GAMMAS Journal, das YAMM Lunch, die PreGAMM und viele weitere Aktivitäten, die die Juniors und die GAMM im Nachwuchsbe- reich deutlich gestärkt haben.



*My time as a GAMM Junior was very inspiring and I enlarged my network also across disciplines. I enjoyed taking an active part in the GAMM Juniors' projects working together with other highly motivated young researchers.*

Kerstin Lux, Technical University of Munich (GAMM-Junior 2018-2021)

*For a young researcher, the GAMM Juniors are an excellent opportunity to establish a lasting scientific network and collaborations beyond one's own research environment at an early stage.*

Martin Holler, University of Graz (GAMM-Junior 2012-2015)



*The GAMM Juniors are a perfect opportunity to meet other young researchers facing similar situations and challenges as you, with whom you can share experiences. It provides a friendly network to push forward research collaborations and the organization of events such as workshops or summer schools.*

Doia Cortes Garcia, Eindhoven University of Technology (GAMM-Junior 2019-2022)



*The GAMM juniors network facilitates the exchange of research ideas among junior researchers and the design of a modern GAMM to empower the future leaders of our community.*

Fleurianne Bertrand, University of Twente (GAMM-Junior 2015-2018)

*The GAMM Juniors helped me to achieve my own goals and gave me connections and experiences I still reap the benefits of.*



Dominik Kern, TU Bergakademie Freiberg (GAMM-Junior 2014-2017)



Am 18. August 2022 fand im Rahmen der Jahrestagung in Aachen ein Juniors-Abendessen statt. Mehr als 25 Mitglieder der ersten Kohorte bis hin zu aktuellen Juniors waren vertreten, um sich weiter zu vernetzen, Erinnerungen auszutauschen, und aktuelle Themen der GAMM zu diskutieren.

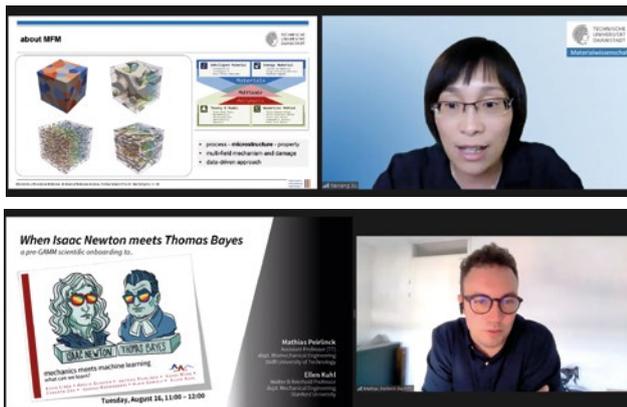
Homepage der Juniors:  
<https://www.gamm-juniors.de/>

GAMMAS Journal:  
<https://www.bibliothek.tu-chemnitz.de/ojs/index.php/gammas>

# PREGAMM '22

VON MERTEN STENDER, CARINA WITT, MARGARITA CHASAPI UND KATHARINA KLIOBA

Zum zweiten Mal organisierten die GAMM Juniors die PreGAMM im Kontext der Jahrestagung 2022 in Aachen. Das Ziel der PreGAMM ist „onboarding young researchers“: die Vorbereitung von Nachwuchs-wissenschaftler\*innen auf die anstehende Jahrestagung. Dazu fanden in der Woche vor der Jahrestagung sieben wissenschaftliche Seminare im online-Format statt, in denen Expert\*innen eine halbstündige Einleitung in ihr Forschungsfeld gaben. Die Themenauswahl folgte den Hauptvorträgen auf der Jahrestagung, wie z.B. Phasenfeld-Modellierung, Krylov-Unterraum-Methoden und Moderne Kinematik. Für die Vorträge konnten Prof. Dr. Eduard Feireisl, Prof. Dr. Bai Xiang Xu, Assoc. Prof. Davide Palitta, Prof. Dr. Ing. Andrés Kecskeméthy, Prof. Dr. rer. nat. Claus Dieter Munz, Prof. Qian Wang und Dr. ir. Mathias Peirlinck gewonnen werden. Trotz der Terminlage in der akademischen Sommerpause nahmen täglich 40-60 Menschen an den Vorträgen und den lebhaften Diskussionen teil.



Der zweite Teil der PreGAMM umfasste ein Softskill-Seminar „how to conference“ für junge Erstteilnehmende der Jahrestagung. Das Seminar fand in Aachen am Eröffnungstag der GAMM Jahrestagung statt. 33 Teilnehmende konnten den vier Mentor\*innen Assoc. Prof. Alexander Heinlein, Jun. Prof. Dr. Carmen Gräßle, Jun. Prof. Dr.-Ing. Johanna Waimann und Dr.-Ing. Tobias Kaiser im Plenum und in Kleingruppen sämtliche Fragen rund um eine wissenschaftliche Konferenz stellen: „Wie wähle ich interessante Konferenzen aus? Gibt es einen Dresscode auf Konferenzen? Wie kann ich mein wissenschaftliches Netzwerk erweitern? Was macht einen guten Vortrag aus?“ Außerdem konnten sich die Teilnehmenden untereinander kennenlernen, um so in den kommenden Tagen auch immer wieder während Kaffeepausen oder zum Konferenzdinner zusammenzukommen.

Somit war die PreGAMM'22 ein großer Erfolg mit sehr positivem Feedback, sodass die GAMM Juniors auch im nächsten Jahr die Organisation einer PreGAMM-Serie planen.

Dieses Jahr organisierten die PreGAMM: Merten Stender (TUHH), Carina Witt (TU Dortmund), Christoph Böhm (Leibniz Uni Hannover), Margarita Chasapi (EPFL), Katharina Klioba (TUHH) und Nina Reiter (FAU).

# GAMMAS BEST PAPER AWARD

## VON PHILIP SALTENBERGER UND MERTEN STENDER



In 2021, the GAMM Juniors initiated the “GAMMAS Best Paper Award”, honoring the best GAMMAS publication among all submissions published until 12/31/2021 in the GAMM Archive for Students – GAMMAS[1]. GAMMAS is an open-access peer-reviewed journal that is completely run by the GAMM Juniors[2]. GAMMAS has a wide scope across mathematics and mechanics, and is particularly addressing very early-stage researchers to publish results, educational case studies and student projects.

A jury from the GAMM Juniors reviewed all GAMMAS publications and decided to award the article[3] “A Resonance Tracking Approach from Adaptive Control” by Meike Gierig (Leibniz University Hannover) and Lars Flessing (TU Chemnitz), which was published in GAMMAS 2019 under the supervision of Dominik Kern (TU Chemnitz). The award comes with a prize money that the authors can spend on their scientific and academic advancement. The GAMM Juniors sincerely congratulate the two authors for their outstanding work.

The GAMM Juniors will continue to award the best paper on an annual schedule. Researchers and student thesis supervisors are invited to motivate their students to publish a short paper in GAMMAS. Thereby, researchers will be



Meike Gierig



Lars Flessing

Fotos: © privat

made familiar with the review and publication process, enabling them to publish preliminary results very early in their careers.

[1] GAMMAS journal home page <https://www.bibliothek.tu-chemnitz.de/ojs/index.php/gammas>

[2] GAMM Juniors home page <https://www.gamm-juniors.de/>

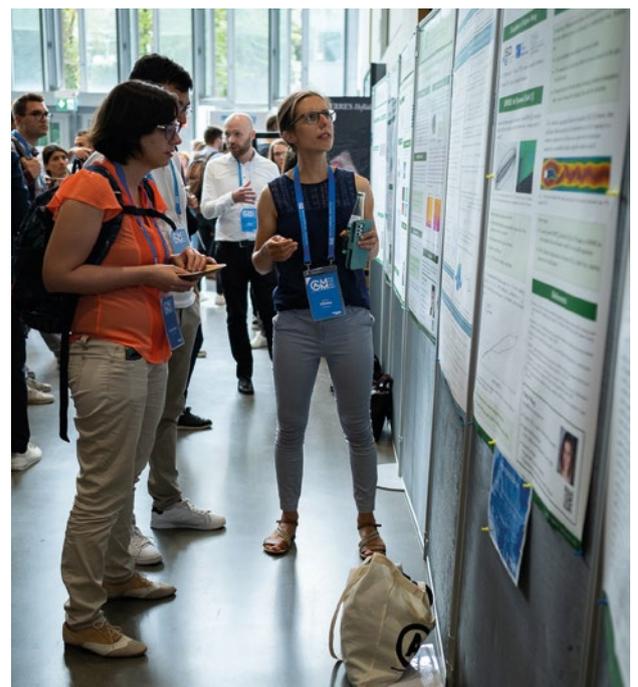
[3] Gierig, M., & Flessing, L. (2019). A Resonance Tracking Approach from Adaptive Control. GAMM Archive for Students, 1(1), 6–17. <https://doi.org/10.14464/gammas.v1i1.344>

## POSTERSESSION GAMM 2022

VON ANDREAS WARKENTIN

Die erste Postersession der GAMM-Juniors wurde auf der Jahrestagung im Jahr 2013 in Novi Sad organisiert. Seitdem ist die Postersession ein fester Bestandteil der GAMM-Jahrestagung, wobei jedes Jahr etwa 20 Mitglieder der GAMM-Juniors ihre Arbeiten vorstellen.

Die Postersession ist also, seit der Einführung, eine exklusive Gelegenheit für uns, GAMM-Juniors, uns selbst und unsere Forschungsthemen der wissenschaftlichen Gemeinschaft zu präsentieren. Diese fand dieses Mal hauptsächlich zwischen den Sitzungen in zwei Kaffeepausen, am Dienstag und Mittwoch, statt. Die Postersession war für alle GAMM-Juniors, die ein Poster ausgehängt hatten, ein voller Erfolg. Nicht zuletzt aufgrund der strategisch günstigen Positionierung der Poster über fast die gesamte Zeit der Tagung hinweg. Dadurch wurde ein reger interdisziplinärer Austausch, auch außerhalb der eigentlichen Postersessions, am Dienstag und Mittwoch, ermöglicht. Dabei sind nicht nur wir, GAMM-Juniors, mit interessierten außerhalb der Gamm-Juniores Gruppe ins Gespräch gekommen, sondern auch die interessierte selbst, die in Gruppen vor den Postern standen, als auch wir, als GAMM-Juniors, untereinander. Dieser Austausch hat einerseits, aufgrund der vielfältigen Fragen, nicht nur die Sichtweise auf die eigene Forschung beeinflusst, son-



Fotos: © Martin Braun

dern auch die Sichtweise auf Themen, die außerhalb des eigenen Forschungsbereichs liegen.

# YAMM LUNCH 2022 IN AACHEN

BY IDOIA CORTES GARCIA, SHAHED REZAEI AND JOHANNA WAIMANN



Fotos: © Axel Mittendorf

Under the eponymous motto Young Academics Meets Mentors, the YAMM Lunch took place again in presence following the virtual event last year. After its premiere in Ilmenau/Weimar in 2017, the event hosted by the GAMM Juniors was held for the fifth time and is thus already part of the fixed program of the GAMM Annual Meeting. It is aimed at young scientists who are at the beginning of their career path and have questions regarding their opportunities in science. This year, a total of 60 participants were able to exchange ideas with 11 experts from the field of applied mathematics and mechanics in a relaxed world

café format. Of interest were many different topics, such as prioritizing different tasks, a research stay abroad, and balancing family and career.

On behalf of the GAMM Juniors, we would like to take this opportunity to explicitly thank all participants once again: first, of course, the mentors for their commitment and openness in chairing their experience and advice and the local committee for the organizational support. Last but not least, a big thank you goes to the young scientists whose participation and enthusiasm makes us look forward to the next YAMM Lunch in Dresden.



**AM MITGLIED WERDEN!**

## JAHRESBERICHT 2022 DER GAMM-NACHWUCHSGRUPPE

VON FRANZISKA EGLI UND LENA LAMBERS

# U STUTTGART



Die GAMM Nachwuchsgruppe der Universität Stuttgart ist auch im dritten Jahr weiter gewachsen und zählt mittlerweile über 75 Mitglieder aus insgesamt neun Instituten der angewandten Mathematik und Mechanik. Wir freuen uns, dass im letzten Jahr bereits die zweite Ausgabe unseres initiierten Doktoranden\*innen-Workshops stattgefunden hat, bei dem Promovierende Ihre Forschung

und Fachgebiete vorstellen und untereinander diskutieren können. Der diesjährige Workshop behandelte die Beschreibung von porösen Stoffen mit Hilfe der Theorie poröser Medien und wurde vom Institut für Statik und Dynamik der Luft- und Raumfahrtkonstruktionen (ISD) der Universität Stuttgart gehalten. Nach einer Einführung in das Thema wurden die unterschiedlichen Anwendungsgebiete von fünf Doktorand\*innen vorgestellt. Diese umfassten ein breites Spektrum beispielsweise aus der Biomechanik, Umweltmechanik sowie methodische Ansätze wie die Unsicherheitsanalyse. Obwohl das Format lediglich virtuell stattfinden konnte, verdeutlichen die Anzahl an Teilnehmenden und die rege Diskussion im Anschluss an die Vorträge das kontinuierliche Interesse an dem Format. Aus diesem Grund freuen wir uns auf weitere Doktorand\*innen-Workshops zu Themen der angewandten Mechanik und Mathematik, die neben dem fachlichen Austausch auch das gemeinsame Netzwerken innerhalb der einzelnen Fachbereiche weiter verstärken.

## JAHRESBERICHT 2022 DER GAMM-NACHWUCHSGRUPPE

VON HENDRIK DORN

# RUB

In Bochum hat sich in diesem Jahr eine neue GAMM-Nachwuchsgruppe gegründet. Unter der Federführung von Professor Daniel Balzani wurde der erste Vorstand berufen bestehend aus unserem Präsidenten Maximilian Köhler, unserem Vizepräsidenten Dennis Ogiermann und mir, unserem Sekretär und Kassenwart, Hendrik Dorn. Formgerecht wurde im Verlauf des akademischen Jahres dieser Vorstand kraft Wahl bestätigt. Ganz dem Ziel der Bereicherung des Wissenschaftsbetriebes entsprechend konnte unser Präsident direkt mehrere Vorlesungen im Rahmen der Nachwuchsgruppe organisieren. Direkt zu Beginn dieses Jahres wurde die Neugier unser nunmehr 24 Mitglieder durch einen Vortrag von Kristoffer Carlsson über das Differenzieren mittels Dualzahlen angeregt. Wenig später bereicherte dann ein ureigener Bochumer, Professor Philipp Junker, uns damit, dass er

erklärte, was es denn mit dem Hamiltonschen Prinzip in der Materialmodellierung auf sich hat.

Zuletzt zeigte uns Professor Dennis M. Kochmann, ebenfalls ein Kind der Ruhr-Universität, das Neueste aus der Welt der Metamaterialien. Und weiter wird es dann gehen mit Professor Patrizio Neff in schon wenigen Wochen und mit Professor Tobias Glasmachers in den kommenden Semesterferien. Es war also ein lebendiges akademisches Jahr hier in Bochum und mit Zuversicht wird das kommende eben dieses, jedoch mehr davon. Wenn jetzt nach all diesem Beschriebenen noch offene Fragen übriggeblieben sind, oder wenn es Interesse daran gibt, selber in unserer Vorlesungsreihe zu sprechen, dann lohnt es sich einen Webbrowser auf [gamm.ruhr-uni-bochum.de](http://gamm.ruhr-uni-bochum.de) zu richten, unserer hauseigenen Internetpräsenz.

## JAHRESBERICHT 2022 DER GAMM-NACHWUCHSGRUPPE

VON MARIUS HARNISCH, HENNING LAMMEN UND TOBIAS KAISER

TU DORTMUND



Das nunmehr vierte Jahr der GAMM-Nachwuchsgruppe an der Technischen Universität Dortmund ist geprägt von positiver Veränderung. So unterstützen einige reguläre Mitglieder die Nachwuchsgruppe nun als Seniormitglieder, andere bleiben mit der Nachwuchsgruppe als ehemalige Mitglieder verbunden und einige kamen neu hinzu. Wir freuen uns insbesondere die neuen Mitglieder des Lehrstuhls für Kontinuumsmechanik aus der Fakultät Bauingenieurwesen begrüßen zu dürfen, sodass die Nachwuchsgruppe nun aus 37 regulären Mitgliedern, 15 Seniormitgliedern und vier ehemaligen Mitgliedern aus sieben Instituten besteht.

Pandemie bedingt fand der Auftakt ins neue akademische Jahr in mittlerweile gewohnter digitaler Form statt. So führte der Vortrag „Computational modeling with uncertainties: stochastic modeling, calibration and surrogate modeling“ von Jun.-Prof. Dr.-Ing. Ulrich Römer der TU Braunschweig nicht nur zu regem wissenschaftlichen Austausch, sondern stieß auch Kooperationsvorhaben an. Die Generalversammlung wurde durch den Vortrag „On data-driven solid mechanics and the extension towards inelastic material behavior“ von Nachwuchsgruppenmitglied Marius Harnisch abgerundet, welcher zugleich mit Henning Lammen, Sebastian Hilbrecht und Fabian Guhr in den neuen Vorstand gewählt wurde. Darüber hinaus hat die Nachwuchsgruppe mit einer Promotionsprechstunde ein neues Angebot geschaffen, welches allen Interessierten die Möglichkeit gibt, Fragen rund um die Promotion im direkten Austausch mit Promovierenden zu klären.

Mit dem Seminar „Engineering design of metamateri-

als’ structures through micromorphic enriched continuum modeling“ von Prof. Dr. Angela Madeo und einen anschließenden gemeinsamen Grillabend wurden die neuen Mitglieder aus dem Lehrstuhl für Kontinuumsmechanik gebührend willkommen geheißen. Diese erste soziale Aktivität nach langen Jahren des Pandemie bedingten Verzichts wurde schnell gefolgt von einem gemeinsamen Fußballspielen und dem Vortrag „Knowledge Augmented Neural Network Plasticity Modeling“ von Dr. Knut Andreas Meyer von der TU Braunschweig, welcher in hybrider Form abgehalten wurde.

Die Nachwuchsgruppe erfreut sich reger Beteiligung, sodass wir zuversichtlich sind in den kommenden zwölf Monaten viele weitere gemeinsame Aktivitäten umsetzen zu können, um Nachwuchswissenschaftlerinnen und Nachwuchswissenschaftler der angewandten Mathematik und Mechanik an der TU Dortmund weiter zu vernetzen. Dies wurde durch die Bewilligung der Nachwuchsgruppe um weitere drei Jahre unterstrichen.

## JAHRESBERICHT 2022 DER GAMM-NACHWUCHSGRUPPE

VON OLGA WEIB, TIMO KREIMEIER, VERONIKA SCHULZE UND FRANZ BETHKE

U BERLIN

Die Berliner GAMM-Nachwuchsgruppe konnte sich nach Wiederaufnahme und dem damit verbundenen administrativen Umzug von der TU Berlin an die HU Berlin durch einen neuen Vorstand reaktivieren. Wir freuen uns derzeit über ca. 15 motivierte und engagierte Mitglieder\*innen.

Die Teilnehmer\*innen fanden sich sowohl in virtuellen Meetings als auch in persönlichen Treffen zusammen. Da wir die Flexibilität der Online-Meetings anerkennen, aber auch den Wert des direkten persönlichen Austauschs wertschätzen, planen wir auch weiterhin eine Mischung aus beiden, je nach Anlass und Umständen. Im Fokus stand dieses Jahr die Bewältigung organisatorischer Herausforderungen, die sich durch die Wiederaufnahme des Chapters ergaben, die Anwerbung

und Integration neuer Mitglieder\*innen, sowie die Stärkung der Kooperation untereinander. Neben informellen Picknick-Treffen wurde insbesondere eine Seminarreihe der Nachwuchsgruppe ins Leben gerufen, welche neben Vorträgen und Hands-on-Sessions zu relevanten Methoden und Anwendungen auch eine gemeinsame Diskussion auf Augenhöhe ermöglicht. Außerdem befinden sich weitere Aktivitäten wie Firmenbesuche in der Planung.

Um den interdisziplinären Kontakt und die Zusammenarbeit in dem Rahmen zu fördern, freuen wir uns weitere Mitglieder\*innen aus allen Berliner Forschungsinstitutionen in die Nachwuchsgruppe aufzunehmen.

## JAHRESBERICHT 2022 DER GAMM-NACHWUCHSGRUPPE

VON NINA BERANEK UND ALEXANDER REINHOLD

U ULM



Das GAMM Student-Chapter Ulm hat aktuell 13 reguläre Mitglieder (Stand Juni 2022). In der zweiten Jahreshälfte 2021 konnten pandemiebedingt leider keine Aktionen stattfinden. Zum Jahreswechsel schied die gesamte Vorstandschaft wegen Abschluss von Studium bzw. Promotion aus der Nachwuchsgruppe aus. Im Jahr 2022 konnte endlich wieder ein Treffen der Nachwuchsgruppe in Präsenz stattfinden. Bei den dort

durchgeführten Wahlen konnten alle Vorstandsämter neu besetzt werden. Am 23.06.2022 hat die Nachwuchsgruppe ein Grillfest veranstaltet, um neue Mitglieder zu gewinnen und sich in lockerer Atmosphäre auszutauschen. Da das Wetter perfekt mitgespielt hat, war die Aktion ein voller Erfolg.

## JAHRESBERICHT 2022 DER GAMM-NACHWUCHSGRUPPE

VON KAI BERGERMANN UND THERESA WAGNER

TU CHEMNITZ



Die Chemnitzer GAMM-Nachwuchsgruppe besteht derzeit aus 14 Mitgliedern, die sich gleichmäßig auf die Fakultäten Mathematik und Maschinenbau verteilen.

Unser Vorstand wurde nach dem Ausscheiden langjähriger Mitglieder größtenteils neu besetzt und der neu gewählte Vorstand hat sich zum Ziel gesetzt, die während der Pandemie eingeschlafenen Aktivitäten wieder aufleben zu lassen. Dazu wurde eine hybride Vortragsreihe zum Thema "Maschinelle Lernmethoden zur Identifikation von Materialmodellen" mit universitätsinternen, sowie -externen Vortragenden ins Leben gerufen. Die Wahl des Themas zielte auf eine Schnittmenge aktueller Forschungsthemen unserer Mitglieder ab, die hauptsächlich in den Bereichen angewandter Mathematik und Festkörpermechanik arbeiten.

Den Auftakt der Vortragsreihe machte Prof. Dr. Laura De Lorenzis (ETH Zürich, Professur für Numerische

Mechanik) mit dem Thema "EUCLID: Efficient Unsupervised Constitutive Law Identification and Discovery". Es folgten ein Vortrag von Dr. Hans Wulf (TU Chemnitz, Professur Festkörpermechanik) zum Thema "Automatic identification of material laws based on rheological models using a genetic algorithm", sowie von Prof. Dr. Bernhard Eidel (TU Freiberg, Professur Micromechanical Materials Modelling) zum Thema "Linking Microstructure to Homogenized Elasticity by Deep Convolutional Neural Networks". Diese Auswahl von Sprecher:innen und Themen hat auch über die Grenzen unseres Student Chapters hinaus für Interesse gesorgt und es konnten bereits Verbindungen zu Chapters anderer Universitäten geknüpft werden. Zusätzlich zu den wissenschaftlichen Aktivitäten befinden sich für die Sommermonate Gemeinschaftsveranstaltungen in Planung.

## JAHRESBERICHT 2022 DER GAMM-NACHWUCHSGRUPPE

VON HEENA PATEL

TU & U HAMBURG



Neu gewählter Vorstand, inklusive GAMM-Repräsentant Jun.-Prof. Dr. Martin Siebenborn und Prof. Dr. Jörn Behrens (Teil des SIAM studentchapters).

Die Nachwuchsgruppe Hamburg hat in diesem Jahr die Veranstaltungsreihe "Stages of Academia" organisiert. Zu dieser laden wir zwei Personen aus jeder Stufe der Wissenschaft im deutschen akademischen System ein, um unseren Mitgliedern einen Einblick in ebensolche zu vermitteln. Die ersten zwei Vorträge fanden noch rein digital statt. Seitdem sind wir zu einem hybriden Format übergegangen, das uns weiterhin ermöglicht auch Mitglieder weiterer Nachwuchsgruppen in Deutschland einzuladen. Außerdem verteilten wir 40 Tassen mit dem GAMM- und SIAM-Logo an unsere Mitglieder und unsere Referenten im Rahmen von "Stages of Academia". Derzeit haben wir 34 aktive Mitglieder von der Universität Hamburg, der Technischen Universität Hamburg, der Helmut-Schmidt-Uni-

versität Hamburg und der Jacobs University Bremen. Im vergangenen Jahr konnten wir eine Exkursion in das Deutsche Klimarechenzentrum (DKRZ) durchführen. Das Lothar-Collatz Seminar, bei dem Doktoranden und Postdocs ihre Forschung vorstellen können, findet inzwischen wieder in Präsenz statt.



Bedruckte Tassen

## JAHRESBERICHT 2022 DER GAMM-NACHWUCHSGRUPPE

VON ALEXANDER DYCK UND TUNC YÜZBASIOGLU

KIT

Im zweiten Jahr nach der Gründung der GAMM-Nachwuchsgruppe am KIT sind wir 24 Mitglieder. Die Seminarreihe der Nachwuchsgruppe wurde im zurückliegenden Jahr reaktiviert. In Online Vortragsrunden stellten je ein Mitglied aus der Mechanik und ein Mitglied aus der Mathematik die eigene Forschung vor. In einer sich anschließenden Diskussionsrunde wurden Fragen gestellt und Anregungen zu den Präsentationen und Forschungsthemen ausgetauscht. Um für ein Methodenaustausch zu sorgen, wurde von zwei Mitglieder ein Workshop zum Umgang mit Versi-

onsverwaltungssoftware angeboten. Konkret wurde die GIT-Instanz am KIT und der Umgang damit im Kontext von Forschungsdaten vorgestellt und an einfachen Beispielen erprobt. Ein Austausch zwischen den Student-Chaptern des KIT und der TU Chemnitz wurde durch einen Konferenz-Kontakt angeregt. Eine erste Einladung zur Seminarreihe an der TU Chemnitz fand bereits statt, in naher Zukunft ist ein gemeinsamer Online-Vortragsabend geplant.

# GAMM Members:

Join 14,000+ of your peers in applied mathematics and computational 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
- The ability to nominate two students for free membership
- Eligibility to vote for or become part of SIAM leadership
- Eligibility to nominate or to be nominated as a SIAM Fellow

## 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 computational mathematicians. It serves the research community through its excellent publications, conferences, and activity groups, and SIAM Student Chapters provide great opportunities for career development. It is an honor to serve as President during 2021–2022. I hope that you will join me in supporting SIAM as a member.”



Susanne C. Brenner,  
SIAM President and  
Boyd Professor,  
Louisiana State  
University

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



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

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

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

# GAMM 2022 IN AACHEN

VON MELANIE KAESLER UND LUKAS LAMM

Vom 15. bis zum 19. August 2022 fand die 92. Jahrestagung der GAMM in Aachen statt. Ausgerichtet wurde die Konferenz von den an der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule (RWTH) ansässigen Instituten für Angewandte und Allgemeine Mechanik unter der Leitung von Prof. Stefanie Reese und Prof. Bernd Markert.

Das Organisationsteam freute sich sehr darüber, die GAMM-Tagung nach mehr als zwei Jahren coronabedingter Pause wieder in Präsenz ausrichten zu können. Mit mehr als 1000 Teilnehmenden aus insgesamt 30 Ländern gehört die Tagung in Aachen zu einer der am meisten besuchten GAMM-Tagungen überhaupt. Auch die Zahl der Abstract-Einreichungen hat mit 875 alle Erwartungen übertroffen. Insgesamt umfasste das Programm mehr als 770 Vorträge in 26 Sektionen, 27 Vorträge in den Minisymposia, 31 in Young Researcher Minisymposia, 30 Vorträge in DFG Priority Program Sessions sowie 14 Poster der GAMM-Junioren. Das Programm beinhaltete 186 Sessions bei bis zu 19 parallel ablaufenden Sessions.

Veranstaltungsort war das C.A.R.L. (Central Auditorium for Research and Learning). Das in Aachen sehr zentral gelegene Gebäude ist seit 2017 in Betrieb und zählt mit einer Gesamtfläche von 14.000 Quadratmetern zu den größten Hörsaalgebäuden Europas. Aufgrund der zahlreichen Hörsäle und Seminarräume war es möglich, die gesamte Tagung in ein- und demselben Gebäude abzuhalten. Bei den Teilnehmenden stieß dies auf besonders positive Resonanz, da keine langen Laufwege erforderlich waren.

Für die Hauptvorträge im Bereich der Mathematik konnten wir Prof. Martin Burger (FAU Erlangen-Nürnberg, Deutschland), Prof. Jan Hesthaven (EPFL, Schweiz), Prof. Valeria Simoncini (University of Bologna, Italien) sowie Prof. Eduard Feireisl (Czech Acad. of Sciences Prague, Tschechische Republik) begrüßen. Im Bereich der Mechanik haben Prof. Ellen Kuhl (Stanford University, USA), Prof. Andres Kecskemethy (Universität Duisburg Essen, Deutschland), Prof. Claus-Dieter Munz (Universität Stuttgart, Deutschland) und Bai-Xiang Xu (Technische Universität Darmstadt) einen Hauptvortrag gehalten. Diesjähriger Preisträger der Prandtl Memorial Lecture war Prof. Tim Colonius (California Institute of Technology, Pasadena, USA). Die Richard von Mises Lecture wurde von Richard von Mises-Preisträger Matti Schneider (Karlsruher Institut für Technologie) gehalten. Nach seiner Premiere 2017 in Weimar-Ilmenau fand am Mittwochmittag zum fünften Mal der YAMM Lunch der GAMM-Junioren statt, der sich mittlerweile zu einem festen Bestandteil der Tagung etabliert hat. Die Organisator\*innen waren begeistert über die rege Teilnahme und den intensiven Austausch. Als weiteres, speziell auf junge Nachwuchswissenschaftler\*innen abgestimmtes Event, erfolgte in diesem Jahr zum zweiten Mal die PreGAMM. Die von den GAMM-Junioren organisierte Veranstaltung fand sowohl im Vorfeld der Jahrestagung online als auch in Persona in Form eines gut besuchten

Workshops am Eröffnungstag der GAMM 2022 statt. Insgesamt war es eine sehr gelungene Woche des fachlichen Austauschs zwischen Expert\*innen aus dem breiten Feld der Mathematik und Mechanik, in der alte Netzwerke gepflegt und neue geknüpft werden konnten.

Das Rahmenprogramm überzeugte nach über zwei Jahren vorwiegend online abgehaltener Treffen ebenfalls: Zur Eröffnung am Montag den 15. August trat das Carbon Quintett der RWTH Aachen mit Instrumenten, die nicht aus Holz, sondern Carbon gefertigt sind, auf. Neben der Begrüßungsansprache durch Professor Jörg Schröder hielt Aachens Oberbürgermeisterin Sibylle Keupen eine Ansprache.

Im Zuge der Welcome Reception am Montagabend gab es unter Leitung von Oli Maroli eine kleine Tanzeinlage. Gemeinsam mit dem TSC Grün-Weiß Aquisgrana Aachen e.V. schwangen sowohl der GAMM-Präsident Prof. Jörg Schröder als auch die lokale Organisatorin Prof. Stefanie Reese das Tanzbein. Die diesjährige Public Lecture von Professor und Autor Metin Tolan fand ebenfalls großen Anklang und war eine der besonderen Attraktionen. Mit seinem Vortrag „Geschüttelt, nicht gerührt: James Bond im Visier der Physik“ gelang es ihm, die Zuhörer\*innen voll auf zu begeistern. Neben Schummeleien beim britischen Geheimdienst thematisierte er, wie man mit einem Auto über Abgründe springt, und er ging der Frage nach, ob sich Geschosse mit einer magnetischen Armbanduhr wirklich ablenken lassen.

Am Mittwochabend trafen sich die Teilnehmenden zum Conference Dinner im Liebig, einer Location mit besonderer Atmosphäre. Das historische, unter Denkmalschutz stehende Gebäude „Kälbermarkthalle“ auf dem ehemaligen Schlachthofgelände in Aachen war zwei Jahrzehnte unter dem Namen „starfish“ Anziehungspunkt für Aachens Nachtschwärmer, ehe es zu einer Konferenz- und Eventlocation umgebaut wurde.

Die Organisation der GAMM Jahrestagung 2022 wäre ohne die Unterstützung durch Sponsoren, Aussteller und die Stadt Aachen nicht möglich gewesen. Wir sind der RWTH Aachen für die organisatorische und finanzielle Unterstützung überaus dankbar. Ein großer Dank geht zudem an die vielen Helfer\*innen vor Ort. In den Hörsälen sorgten knapp 50 studentische Hilfskräfte für einen reibungslosen Ablauf. Unser Dank geht auch an das Team der International Academy und insbesondere an Frau Julia Breuer für die wertvolle Unterstützung bei Planung, Durchführung und Administration der Konferenz. Zu guter Letzt ein herzliches Dankeschön an Jan Stratmann, M.Sc. und Lukas Lamm, M.Sc., die federführend die Organisation der Jahrestagung geleitet und sich um die vielen kleinen und großen Details gekümmert haben.

Die Organisator\*innen freuen sich darauf, Sie im nächsten Jahr auf der GAMM-Jahrestagung 2023 in Dresden wiederzusehen.





# GAMM 2022 AACHEN: OPENING SPEECH

JÖRG SCHRÖDER

**Dear Mayor Ms. S. Keupen,  
dear Vice-Rector, Prof. M. Wessling,  
dear Ladies and Gentlemen,  
dear members of GAMM,**

it is a great pleasure to welcome you all to our annual meeting of the International Association for Applied Mathematics and Mechanics. This is our first face-to-face event after more than two years of the Corona pandemic.

We would like to thank the Board of the University of Aachen for hosting our conference.

My special thanks go to the local organizers of our annual meeting.

A sincere "thank you" from all of us goes to Stefanie Reese, Bernd Markert, Jaan-Willem Simon, Franz Bamer, Lukas Lamm, Jan Stratmann and their teams for giving us the opportunity to hold the conference, for taking on the burden of organizing this great meeting, and for all the hard work they have put into it. We have about 900 registrations, which means that the conditions for a successful conference are in place.

In addition to its excellence in research, RWTH Aachen University is the region's largest employer. It significantly shapes the development of the high-tech region. The RWTH Aachen Campus is a symbol of the university's research expertise, which is also characterized by fruitful collaboration with industrial partners.

Beyond the university, Aachen has much to offer. For example, you should definitely visit Aachen Cathedral, which was built at the end of the 8th century by order of Charlemagne "Karl der Große". In 1978, the cathedral was the first cultural site in Germany to become a UNESCO World Heritage Site.

You should also not miss Aachen's national pastry, the Aachen Printen.

An ever-present task of GAMM is to attract younger members. Many ask themselves: What are the benefits of GAMM membership?

As a conclusion of the difficult situation of the last two years (the years of the pandemic), I have taken with me that many students suffer from loss of structure and isolation. I can understand this very well and believe that it is worst for the younger ones. I mention this here because part of the recipe against this, in my view, is the structure and community that GAMM can provide to our young members.

An overriding task of GAMM is to promote scientific development in our disciplines. In addition, it is an important concern for us to support young scientists in their careers. Particularly noteworthy in this regard are the GAMM Juniors. They have established themselves as an important part of our organization. This year, for example, a pre-GAMM event was organized for the second time. The goal was

the scientific preparation of young scientists to our 92nd annual meeting.

Additionally, a soft skills seminar "how to Conference" was again held for first-time participants and junior doctoral students. According to the feedback, this event, organized by Merten Stender, Christoph Böhm, Carina Witt, Margari-ta Chasapi, Katharina Klioba and Nina Reiter, was a great success with good participation.

The established GAMM student groups have also taken their first steps and are another building block for new impulses to make GAMM attractive and fit for the future. Currently, there are 8 student groups that aim to strengthen interdisciplinary collaboration and exchange in applied mathematics and mechanics between master students, PhD students and experienced scientists. In this special time, I carry the request to you to maintain the momentum or to strengthen the momentum so that we can hit the ground running again in the post-Corona period.

Also at this annual meeting there will be a YAMM (Young Academics Meet Mentors) Lunch, organized by Johanna Weimann (Aachen) and Idoia Cortes Garcia (Eindhoven, Netherlands). After the success of the last meetings, this is the fifth time that young academics will have the opportunity to ask questions about career opportunities to experienced scientists.

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

In order to give even more weight to the promotion of young scientists in GAMM, we have created an additional position on the GAMM Board for this purpose, which will officially start at the beginning of next year.

As mentioned earlier, today more than ever, the sciences have a responsibility to society as a whole to provide adequate advice to other institutions through knowledge-based findings. Interdisciplinary work and a constructive exchange with other scientists is a must for this. GAMM does an excellent job of providing this framework, which is an inherent advantage of our organization.

This brings me to my next point, the internal representation of GAMM. In our GAMM activity groups ("Fachausschüsse"), excellent scientists have come together to address current research-relevant topics.

In addition, the activities of GAMM student chapters are characterized by the fact that they take up future-relevant topics of our society at their universities.

In order to bring these activities more into the light of the GAMM public, starting with the annual meeting 2023, the GAMM activity groups and GAMM student chapters shall be given time in the General Assembly to strengthen a broader exchange.

GAMM has its roots in the joint meetings of the German Mathematical Society, the German Physical Society, and the German Society for Technical Physics. It was founded

in 1922 by Ludwig Prandtl and Richard von Mises. Richard von Mises' guiding principle for our organization: "Overcoming the boundaries between pure mathematics and the application of mathematical theories, especially in engineering."

It was relevant then as it is today. We will celebrate the 100th anniversary next year, at the 93rd GAMM Annual Meeting in Dresden.

My call to you: Become a member of GAMM and let us shape our organization for the future.

Since 1989 every year one or two outstanding contributions in the field of applied mathematics and mechanics have been awarded the Richard-von-Mises-Prize. The impressive list of awardees can be found on the GAMM webpage. The members of the actual prize committee are our colleagues B. Jacob (Wuppertal), M. Oberlack (Darmstadt), R. Lammering (Hamburg), C. Wieners (Karlsruhe) and myself qua officia as the current president. This year we had the hard work to pick the best among five very good nominations. In 2022 we have one prize winner:

Jun.-Prof. Dr. Matti Schneider from Karlsruhe for his outstanding contributions to Computational Micromechanics.

The date for the presentation of our Richard-von-Mises-award-winner is on Wednesday, 17.08.2022 at 10:30 am.

I also would like to take the opportunity to announce the winners of the Dr. Klaus-Körper Prize. The committee consists of A. Walther (Berlin), S. Leyendecker (Erlangen), S. Hartmann (Clausthal) and R. Seifried (Hamburg). In recognition of their outstanding dissertations in 2021 the awards for 2022 go to:

Dr.-Ing. Robert Eggersmann, thesis "Constitutive-model-free data-driven computational mechanics",

Dr.-Ing. Karl Alexander Kalina, thesis "Mehrskalige Modellierung und Finite-Elemente-Simulation magnetorheologischer Elastomere",

Dr.-Ing. Fabian Key, thesis "Advanced Full- and Reduced-Order Simulations as Digital Tools in Production Engineering",

Dr. Janosch Preuß, thesis „Learned infinite elements for helioseismology“.

Furthermore, I am very pleased to announce the two winners of the "Best Paper Award for the GAMMAS-Journal 2021", which was awarded for the first time this year.

The award winners are

M.Sc. Meike Gierig and M.Sc. Lars Flessing in appreciation of their publication:

„A Resonance Tracking Approach from Adaptive Control“ (GAMMAS - GAMM Archive for Students 2019, Vol. 1, Nr. 1)

My sincere congratulations go to all the prize winners.

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

After the opening we will come to the first highlight of the annual GAMM conference, the traditional Ludwig Prandtl Memorial Lecture which is jointly organized by GAMM and the DGLR, the German Society for Aeronautics and Astro-



Foto: © Martin Baum

nautics. In a few minutes we will have the opportunity to listen to:

Tim Colonius, California Institute of Technology, USA  
Structure and reduced-order-modeling of turbulence in the frequency domain

Ladies and gentlemen,

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

Jörg Schröder, GAMM President

Epilog (Closing): Now we are at the end of a very successful GAMM Annual Meeting. After 2019, this has been the first face-to-face meeting for GAMM and for me the only present meeting as GAMM President.

The spirit of the conference, the openness of the participants and the conscious approach to each other seems more present to me here in Aachen than ever before. I enjoyed the conference very much and I hope you will feel the same way. Therefore, a final warm thank you to the organizers for what they have achieved: the challenging scientific program, the entertaining public lecture and the relaxing accompanying program.

I hope to see you again in Dresden for the 93rd Annual Meeting. Please come home safely.

Wir stehen nun am Ende einer sehr erfolgreichen GAMM-Jahrestagung. Nach 2019 war dies das erste persönliche Treffen für die GAMM und für mich das einzige gegenwärtige Treffen als GAMM-Präsident.

Der Geist der Konferenz, die Offenheit der Teilnehmer und der bewusste Umgang miteinander scheint mir hier in Aachen so präsent wie nie zuvor. Ich habe die Konferenz sehr genossen und ich hoffe, dass es Ihnen genauso geht. Deshalb abschließend ein herzliches Dankeschön an die Organisatoren für das, was sie geleistet haben: das anspruchsvolle wissenschaftliche Programm, den unterhaltenden öffentlichen Vortrag und das entspannende Rahmenprogramm.

Ich hoffe, Sie zur 93. Jahrestagung in Dresden wiederzusehen. Bitte kommen Sie gut nach Hause.

# BESCHLUSSPROTOKOLL ZUR HAUPTVERSAMMLUNG 2022

## DER GESELLSCHAFT FÜR ANGEWANDTE MATHEMATIK UND MECHANIK E.V.

Die Hauptversammlung der GAMM fand während der Jahrestagung 2022 am Mittwoch, dem 17. August 2022, in der Zeit von 11.30 – 12:30 Uhr, im Hörsaal H01, C.A.R.L., der RWTH Aachen statt.

Zu Beginn der Veranstaltung waren 105 Mitglieder anwesend.

Den Vorsitz der Hauptversammlung hatte der Sekretär der GAMM, Herr Kaliske, inne, der auch das Protokoll führte. Alle Mitglieder wurden satzungsgemäß unter Angabe der Tagesordnung im April 2022 schriftlich eingeladen.

### Tagesordnung

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

#### Mitglieder des Vorstandes

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

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

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

Vorstandsmitglied für das Ressort wissenschaftlicher Nachwuchs – Neuwahl

#### Mitglieder des Vorstandsrats

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

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

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

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

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

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

#### Kassenprüfer, Wahlkommission

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

### 1. Bericht des Präsidenten

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

Der Präsident informiert über

- die Mitgliedschaft in den letzten Jahren,
- GAMM-Jahrestagung in den beiden vergangenen Corona-Jahren in Kassel und dankt den lokalen Organisatoren herzlich für die doppelte Leistung,
- die GAMM-Jahrestagung in Aachen,
- die Vergabe des Richard-von-Mises-Preises, der Dr.-Klaus-Körper-Preise und den Best Paper Award des GAMMAS Journals,
- die GAMM-Publikationen,
- die GAMM-Fachausschüsse,
- die GAMM-Junioren und die GAMM-Nachwuchsgruppen,
- die zukünftigen GAMM-Jahrestagungen,
- die aktuellen Wahlen,
- die nationalen Sektionen.

### 2. Bericht der Schatzmeisterin

Die Schatzmeisterin, Frau Walther, stellt den Kassenbericht für den Zeitraum vom 01.01.2021 bis 31.12.2021 vor und berichtet, dass eine deutlich positive Bilanz erzielt wurde. Aus technischen Gründen erfolgte jedoch die Abrechnung der Kosten für die beiden Geschäftsstellen erst zu Beginn 2022, die von der Sache her allerdings dem Geschäftsjahr 2021 zuzuordnen sind. Anfragen wurden nicht gestellt.

### 3. Bericht der Kassenprüfer

Frau Walther stellt den schriftlich vorliegenden Bericht der Kassenprüfer vor, da diese verhindert waren. 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. Herr Stefan Löhnert stellt den Antrag auf Entlastung des gesamten Vorstands. Mit fünf technischen Enthaltungen wird dem Antrag zugestimmt.

### 5. Neuwahlen

Die Vizepräsidentin, Frau Faßbender, stellt die für den Vorstandsrat zur Wahl stehenden Personen vor.

**Mitglieder des Vorstandes**

Prof. K. Urban (Präsident), Ulm  
 Prof. R. Müller (Vizesekretär), Darmstadt, Amtszeit bis 2022, wieder wählbar  
 Prof. C. Schillings (Resort wiss. Nachwuchs), Berlin

**Mitglieder des Vorstandsrates**

Prof. K. Flaßkamp, Saarbrücken  
 Prof. D. Knees, Kassel  
 Prof. M. Stoll, Chemnitz  
 Prof. O. Ernst, Chemnitz, 1. Amtszeit bis 2022, wieder wählbar  
 Prof. G. Hofstetter, Innsbruck, 1. Amtszeit bis 2022, wieder wählbar  
 Prof. J. Sesterhenn, Bayreuth, 1. Amtszeit bis 2022, wieder wählbar

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

**Mitglieder des Vorstandes**

Präsident	Karsten Urban	331 Stimmen	(19 Enth.)
Vizesekretär	Ralf Müller	333 Stimmen	(17 Enth.)
Resort wiss. Nachwuchs	Claudia Schillings	327 Stimmen	(23 Enth.)

**Mitglieder des Vorstandsrats**

Mathematik	Kathrin Flaßkamp	303 Stimmen	(47 Enth.)
Mathematik	Dorothee Knees	314 Stimmen	(36 Enth.)
Mathematik	Oliver Ernst	295 Stimmen	(55 Enth.)
Mathematik	Martin Stoll	293 Stimmen	(57 Enth.)
Festkörpermechanik	Günter Hofstetter	302 Stimmen	(48 Enth.)
Strömungsmechanik	Jörn Sesterhenn	303 Stimmen	(47 Enth.)

Die jeweilige Amtszeit beginnt am 1. Januar 2023 und endet am 31. Dezember 2025. Alle gewählten Personen hatten sich zur Ausübung des Amtes im Fall der Wahl bereit erklärt.

Die Vizepräsidentin dankt den ausscheidenden Mitgliedern des Vorstandsrats für die engagierte Mitarbeit.

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

Ebenso wird in offener Abstimmung die Wahlkommission für eine zweite dreijährige Amtsperiode wiedergewählt.

**6. Mitgliedsbeiträge**

Zu diesem TOP liegt kein Beitrag vor.

**7. Fachausschüsse**

Der Vizesekretär, Herr Müller, berichtet über die Evaluierung der Fachausschüsse „Analysis von Mikrostrukturen“, „Modeling, Analysis and Simulation of Molecular Systems“, „Experimentelle Festkörpermechanik“, „Numerische Analysis“, die Beendigung der Fachausschüsse „Stochastische Optimierung in der Technik“, „Dynamik und Regelungstheorie“ sowie die Einrichtung des neuen Fachausschusses „Moderne Lehre und Didaktik in der Mathematik und Mechanik“. Ergänzungen oder Anfragen zu dem Bericht liegen nicht vor.

**9. Verschiedenes**

Es liegen keine Wortmeldungen vor.

Die nächste Hauptversammlung findet voraussichtlich am 31. Mai 2023 in Dresden statt.

Jörg Schröder Präsident Essen, 10.10.2022	Michael Kaliske Sekretär Dresden, 14.10.2022
---	--

# BERICHT DES PRÄSIDENTEN AN DIE MITGLIEDER DER GAMM AUF DER MITGLIEDERVERSAMMLUNG AM 17. AUGUST 2022

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

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

## Verstorbene Mitglieder

Meine sehr verehrten Damen und Herren, es ist mir eine schmerzliche und traurige Pflicht, Ihnen mitzuteilen, dass seit dem letzten Jahrestreffen 12 Kollegen verstorben sind. Es handelt sich dabei um folgende Mitglieder:

- Prof. Dr. Wolfgang Bühring, Heidelberg
- Dr. Karl-Heinz Schlosser, Dortmund
- Prof. Dr.-Ing. Volker Ulbricht, Dresden
- Dr.-Ing. Dieter Ammon, Remseck-Aldingen
- Dr. Peter Günter Seifert, Dresden
- Prof. Dr. Hubert Günther, Chemnitz
- Prof. Dr. Hans Wengle, Neubiberg
- Prof. Dr. Andreas Griewank, Berlin
- Prof. Constantin Popa, Constanta (Rumänien)
- Prof. Dr. Radim Blaheta, Ostrava-Poruba (Tschechien)
- Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Seemann, Karlsruhe
- Prof. Dr. Wolfgang Bürger, Schorndorf

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

## Stellungnahme der GAMM zur Ukraine Krise

Frau Faßbender und ich haben im Namen der GAMM den völkerrechtswidrigen Angriff Russlands auf die Ukraine scharf verurteilt und hierzu eine Stellungnahme auf der GAMM Homepage veröffentlicht, siehe <https://www.gamm-ev.de/informationen/aktuell/>  
In diesem Zusammenhang weise ich Sie auf die Rede „Forschung und Krieg“ von unserer DFG-Präsidentin Professorin Dr. Katja Becker anlässlich der Festveranstaltung im Rahmen der Jahresversammlung 2022 der DFG hin.

## Mitgliederbewegungen

Ende Mai hatte die GAMM 1110 beitragszahlende Mitglieder, davon 124 Mitglieder, die über ein Reziprozitätsabkommen einen ermäßigten Beitrag zahlen und 829 „Vollzahler“. Zudem gibt es 124 Mitglieder, die, weil sie unter 32 Jahren alt oder emeritiert oder als Studierende immatrikuliert sind, einen ermäßigten Beitrag zahlen. Außerdem gibt es aktuell 11 universitäre Einrichtungen die Mitglieder sind sowie ein korporatives Mitglied. An dieser Stelle möchte ich abschließend auf die aus meiner Sicht deutlich zu geringe Zahl von 60 Mitgliedern, die den ermäßigten Beitrag für Mitglieder unter 32 Jahren zahlen, hinweisen.

	Pers.	Rezi	Emeriti	Lebenslang		Stud. Chapt.	Preistr. Jun. Student	Pers. Entw.	U32 Entw.	Unis	Korp	Gesamt	
2019	993	149	54	6	77	55	39	4	78	1	19	0	1475
2020	957	144	47	13	75	173	45	5	67	1	15	1	1543
2021	808	128	43	19	66	215	45	5	18	1	11	1	1360
2022	829	124	42	21	60	179	32	6	16	0	11	1	1321

Es gab 73 Eintritte bei 112 Austritten.

Pers.	- persönliche GAMM-Mitglieder
Rezi	- reziproke Mitglieder
Emeriti	- emeritierte Mitglieder
U32	- ermäßigt unter 32 Jahre
Stud. Chapt.	- Student Chapter
Preistr./Jun.	- temporär beitragsfreie Mitglieder (Junioren, Preisträger)
Pers. Entw.	- Persönliche Mitglieder aus Ländern der aktuellen DAC-Liste der OECD
U32 Entw.	- Ermäßigter Beitrag für persönliche Mitglieder unter 32 Jahren aus Ländern der aktuellen DAC-Liste der OECD
Unis	- universitäre Einrichtungen
Korp	- korporative Mitglieder

Erfreulicherweise hat die Einführung einer lebenslangen Mitgliedschaft erneut positive Resonanz gefunden. Eine lebenslange Mitgliedschaft kann jedes Mitglied bei Eintritt in den Ruhestand durch Zahlung von einmalig der Summe von vier Jahresbeiträgen erwerben, weitere Zahlungen sind nicht erforderlich.

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

## Neues Design der GAMM Homepage

Das neue Layout der GAMM Homepage ist nun seit gut einem Jahr umgesetzt. Auch hier wieder der Hinweis: Bitte stöbern Sie durch die Seiten <https://www.gamm-ev.de> und geben Sie uns Hinweise zur Aktualisierung und Erweiterung der Homepage.

## GAMM-Repräsentanten

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

### **GAMM – Jahrestagung Kassel 2020@2021**

Am 31. Dezember 2019 wurde der Ausbruch einer neuen Lungenentzündung in Wuhan in China bestätigt. Im Januar 2020 entwickelte sich die Infektionskrankheit COVID-19 zur Epidemie in China und am 11. März 2020 erklärte die WHO COVID-19 offiziell zu einer weltweiten Pandemie. Aufgrund der tagesaktuellen Berichterstattung und den dramatisch zunehmenden Einschränkungen im öffentlichen Leben haben wir (Organisationskomitee Kassel, Universitätsleitung in Kassel, Vorstand der GAMM) Ende Februar 2020 die geplante Jahrestagung in Kassel abgesagt. Diese wurde dann vom 15. – 19. März 2021 als reine Onlineveranstaltung mit 840 Teilnehmenden durchgeführt.

An dieser Stelle danke ich, selbstverständlich auch im Namen aller GAMM-Mitglieder, unseren Kollegen Prof. Dr.-Ing. Detlef Kuhl, Prof. Dr. Andreas Meister, Prof. Dr.-Ing. Andreas Ricoeur, Prof. Dr.-Ing. Olaf Wunsch für ihren starken Einsatz, für die Mühen, die damit verbunden waren, die Tagung zweimal an den Start zu bringen und den erbrachten Erfolg, den wir auf der Jahrestagung Kassel 2020@2021 online verbucht haben. Ich darf Sie bitten aufs Podium zu kommen, um eine kleine Anerkennung entgegenzunehmen.

Wenn mich demnächst jemand auf Resilienzbeauftragte anspricht, so werde ich Sie herzlichst empfehlen. Nochmal herzlichen Dank für ihren Einsatz für die GAMM.

### **Zur Jahrestagung**

Damit leite ich über zur aktuellen GAMM-Jahrestagung. Zunächst möchte ich mich im Namen der GAMM bei den örtlichen Tagungsleitern, unseren Kollegen aus Aachen Stefanie Reese, Bernd Markert, Jaan-Willem Simon und Franz Bamer bedanken, die uns mit ihrem Team hier in Aachen mit großem Einsatz eine sehr gut organisierte GAMM-Jahrestagung bieten. Besonders hervorheben möchte ich dabei Lukas Lamm, Jan Stratmann, das Technik-Team und alle im Hintergrund wirkenden Mitarbeiter, deren unermüdlicher Einsatz maßgeblichen Anteil an dem reibungslosen Verlauf der Jahrestagung hat.

Auch möchte ich Ihnen und den Vortragenden für die sehr gelungene „Public Lecture“ Prof. Metin Tolan, Georg-August-Universität, Göttingen "Geschüttelt, nicht gerührt: James Bond im Visier der Physik" gratulieren.

Allen einen ganz herzlichen Dank!

Die GAMM hat ihre Wurzeln in den gemeinsamen Tagungen der Deutschen Mathematischen Gesellschaft, der Deutschen Physikalischen Gesellschaft und der Deutschen Gesellschaft für Technische Physik. Sie wurde im Jahr 1922 von Ludwig Prandtl und Richard von Mises gegründet. Richard von Mises' Leitgedanke für unsere Organisation. "Die Überwindung der Grenzen zwischen der reinen Mathematik und der Anwendung mathematischer Theorien, insbesondere in den Ingenieurwissenschaften."

war damals so aktuell wie heute. Wir werden das 100-jährige Jubiläum im nächsten Jahr auf der 93. GAMM-Jahrestagung in Dresden feiern.

### **Richard-von-Mises-Preis**

Der Richard-von-Mises-Preis ist dieses Jahr wieder als Richard-von-Mises-Preis der „Dr.-Klaus-Körper-Stiftung“ vergeben worden. Der Richard-von-Mises Preis ist mit ins-

gesamt 2.000 € und einer zweijährigen kostenlosen Mitgliedschaft in der GAMM dotiert. Es lagen erneut 5 sehr gute Nominierungen vor. Das Preiskomitee bestehend aus unserer Kollegin Jacob (Wuppertal) und den Kollegen Oberlack (Darmstadt), Lammering (Hamburg) und Wieners (Karlsruhe) hat unter meiner Leitung getagt und als diesjährigen Preisträger Herrn Jun.-Prof. Dr. Matti Schneider von dem Karlsruher Institut für Technologie ausgewählt. Ich hoffe, dass Sie alle die Gelegenheit genutzt haben und den interessanten Vortrag des diesjährigen Preisträgers vor der Mitgliederversammlung genießen konnten.

### **Dr.-Klaus-Körper-Preis**

Die Dr.-Klaus-Körper-Stiftung der GAMM vergibt jährlich vier Preise (dotiert mit jeweils 250 € und einer zweijährigen kostenlosen Mitgliedschaft in der GAMM) für die besten Dissertationen des vergangenen Jahres auf den Gebieten der Angewandten Mathematik und Mechanik. Hier gab es in diesem Jahr 13 Vorschläge. Zu allen Vorschlägen werden je zwei fragebogengestützte Gutachten eingeholt. Basierend auf den Auswertungen erfolgt dann die Reihung der Vorschläge.

Die Preisträger in diesem Jahr sind:

Herr Dr.-Ing. Robert Eggersmann, Herr Dr.-Ing. Karl Alexander Kalina, Herr Dr.-Ing. Fabian Key und Herr Dr. Janosch Preuß.

### **"Best Paper Award for the GAMMAS-Journal 2021"**

Der "Best Paper Award for the GAMMAS-Journal 2021" wurde dieses Jahr zum ersten Mal verliehen. Die Preisträger sind M.Sc. Meike Gierig und M.Sc. Lars Flessing, die den Preis in Würdigung ihrer Veröffentlichung „A Resonance Tracking Approach from Adaptive Control“ (GAMMAS - GAMM Archive for Students 2019, Vol. 1, Nr. 1) erhalten. Meine herzlichen Glückwünsche gehen an alle Preisträger.

### **GAMM-Publikationen**

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

Das von den GAMM-Junioren initiierte online-Journal GAMMAS, GAMM Archive for Students, freut sich über weitere Einreichungen guter Abschlussarbeiten.

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

Die ZAMM liegt weiterhin in den erfahrenen Händen von Holm Altenbach mit seinem Redaktionsteam Helmut Abels, Stefan Odenbach und Christian Wieners.

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

Vor ein paar Wochen habe ich die Verhandlungen mit Vertretern des Wissenschaftsverlags Wiley abgeschlossen und neue Vertragskonditionen ausgehandelt. In den Jahren 2022 und 2023 erhalten wir jeweils 100.000 Euro

für die Weiterentwicklung der PAMM und die Unterstützung der GAMM Jahrestagung. Die Kosten für die redaktionellen Arbeiten der ZAMM sind in diesen Geldern mit 4.000 Euro/Jahr kalkulatorisch inkludiert. Mit Blick auf die Fortschreibung des DEAL Abkommens werden wir Ende 2023 neue Verhandlungen mit Wiley führen. Für die PAMM steht Michael Kaliske als Editor in Chief zur Verfügung. Die Aufstellung des Redaktionsteams müssen wir umgehend, am besten diese Woche, angehen.

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

### Fachausschüsse

Aktuell haben wir 18 aktive Fachausschüsse. Dieses Jahr stehen 4 Fachausschüsse zur Evaluierung (E) an, 2 werden beendet (B) und es gab zwei Neugründungen (N). Dies betraf die Fachausschüsse

„Analysis von Mikrostrukturen“ unter der Leitung von Prof. Kerstin Weinberg aus Siegen (E),

„Modeling, Analysis und Simulation of Molecular Systems“ unter der Leitung von Prof. Benjamin Stamm aus Aachen (E),

„Experimentelle Festkörpermechanik“ unter der Leitung von Prof. Stefan Hartmann aus Clausthal (E),

„Numerische Analysis“ unter der Leitung von Prof. Lars Grasedyck aus Aachen (E),

„Stochastische Optimierung in der Technik“ unter der Leitung von Prof. Thomas Vietor aus Braunschweig (B),

„Dynamik und Regelungstheorie“ unter der Leitung von Prof. Rolf Findeisen aus Magdeburg, Prof. Robert Seifried aus Hamburg und Prof. Karl Worthmann aus Ilmenau (B+N),

„Moderne Lehre und Didaktik in der Mathematik und Mechanik“ unter der Leitung von Dr. Thorsten Bartel und Prof. Tobias Haertel aus Dortmund (N).

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

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

### GAMM-Juniors

Die 2012 eingerichteten GAMM-Junioren haben sich wieder als wichtiger Teil unserer Organisation dargestellt. Sie sind eine Gruppe von 30 ausgewählten jungen Forschenden aus dem Bereich der angewandten Mathematik und Mechanik. Jedes Jahr werden zehn NachwuchswissenschaftlerInnen, auf Basis ihrer wissenschaftlichen Leistungen, für einen Zeitraum von drei Jahren zu GAMM-Junioren ernannt. Diese Auszeichnung beinhaltet eine freie Mitgliedschaft in der GAMM für diesen Zeitraum sowie die Möglichkeit, sich im Netzwerk der GAMM-Junioren zu engagieren. In diesem Kontext verweise ich auf Margarita Chasapi, Carmen Gräßle und Kerstin Lux. "Die GAMM-Junioren" Mitteilungen der Deutschen Mathematiker-Vereinigung, vol. 29, no. 4, 2021, pp. 236-238.

<https://doi.org/10.1515/dmvm-2021-0084>

In diesem Jahr wurde zum zweiten Mal eine Pre-GAMM-Veranstaltung organisiert. Ziel war die inhaltliche Einführung

von jungen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern auf die Hauptvorträge unserer 92. Jahrestagung. Außerdem wurde erneut ein Soft-Skill-Seminar „how to conference“ für Erstteilnehmer und Doktoranden in frühen Karrierestufen veranstaltet. Dem Feedback nach zu urteilen, war diese Veranstaltung ein großer Erfolg mit guter Beteiligung.

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

Direkt im Anschluss an die Mitgliederversammlung findet nun bereits das fünfte Mal ein „Young Researchers Meet Mentors (YAMM) lunch“ statt.

### GAMM-Nachwuchsgruppen

Aktuell gibt es 8 Nachwuchsgruppen. Mittels der GAMM-Nachwuchsgruppen möchten wir Masterstudierende und Promovierende an die GAMM binden. Die Grundidee ist die Bildung einer dauerhaften Plattform an den einzelnen Standorten, durch die die Mitglieder der Nachwuchsgruppe in ihren Forschungsvorhaben und durch Kontakte zu anderen jungen Forscherinnen und Forschern sowie Ehemaligen unterstützt werden. Die Nachwuchsgruppen aus Stuttgart, Karlsruhe, Augsburg, Dortmund und Hamburg haben sich im Rundbrief 2/2021 vorgestellt.

Bitte weiter so!

### Zukunftsfragen

Die Aufgaben schreiben sich vom letzten Jahr fort:

- Erhöhung der Sichtbarkeit der GAMM Fachausschüsse
- Erhöhung der Sichtbarkeit der GAMM Nachwuchsgruppen

Ab der kommenden Jahrestagung wird den GAMM Fachausschüssen und GAMM Nachwuchsgruppen die Möglichkeit der Kurzvorstellung ihrer Aktivitäten im Rahmen der Mitgliederversammlung eingeräumt.

### Nächste Jahrestagungen

Im kommenden Jahr wird die Jahrestagung der GAMM vom 30. Mai - 02. Juni 2023 in Dresden stattfinden. Diese Tagung steht unter der Leitung unserer Kollegen Prof. Dr. Michael Kaliske, Prof. Dr. Jochen Fröhlich und Prof. Dr. Axel Voigt. Der Programmausschuss hat am 14.03.2022 getagt und ein vielfältiges Programm zusammengestellt. Ich hoffe, dass alle Einladungen, die nun zu Hauptvorträgen, Minisymposien und Sektionsleitungen ausgesprochen werden, angenommen werden, so dass wir in Dresden erneut eine anregende Jahrestagung mit interessanten Vorträgen erleben werden.

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

- 2024: Magdeburg, Tagungsleitung Altenbach/Benner
- 2025: Posen, Tagungsleitung Kuczma/Sumelka

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

### Nationale Sektionen der GAMM

DEKOMECH: In Deutschland vertritt das Deutsche Ko-

mitee für Mechanik „DEKOMECH“ als organisatorische Untereinheit der deutschen Sektion der GAMM die Interessen der auf dem Gebiet der Mechanik in Deutschland tätigen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in allen organisatorischen und wissenschaftlichen Angelegenheiten, sofern diese Vertretung nicht bereits durch die GAMM wahrgenommen wird. Das DEKOMECH wird gleich im Anschluss seine Vollversammlung durchführen.

NIAM: Der Vorstandsrat hat einstimmig die Einführung eines nationalen Netzwerks für Industrielle und Angewandte Mathematik „NIAM“ (in der GAMM), „Network for Industrial and Applied Mathematics (in the GAMM)“ beschlossen. Dieses Komitee der deutschen Sektion der GAMM hat im Anschluss an unsere Vollversammlung seine konstituierende Sitzung.

### Wahlen 2022

Dieses Jahr wurde die elektronische Wahl in der Zeit vom 13. Juli bis zum 10. August durchgeführt. Die Urnenwahl findet jetzt gleich noch statt.

Die dreijährige Amtszeit einiger Mitglieder des Vorstands sowie des Vorstandsrats läuft Ende dieses Jahres ab.

Ein ganz besonderer Dank geht an unsere Vorstandsratsmitglieder: Frau Barbara Kaltenbacher, Herrn Axel Klawonn sowie Herrn Helmut Abels, die nach 6 Jahren aus ihren Ämtern ausscheiden müssen. Als Nachfolger stehen Frau Dorothee Knees von der Universität Kassel, Frau Kathrin Flaßkamp von der Universität des Saarlandes und Herr Martin

Stoll von der Technischen Universität Chemnitz zur Wahl.

Unsere Vorstandsmitgliedern

Herrn Ralf Müller von der Universität Darmstadt

Herrn Günter Hofstetter von der Universität Innsbruck

Herrn Jörn Sesterhenn von der Universität Bayreuth und

Herrn Oliver Ernst von der Technischen Universität Chemnitz

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

Zu guter Letzt bedanke ich mich, auch im Namen des Vorstandes und des Vorstandsrates der GAMM, bei unserer Vizepräsidentin Prof. Dr. Heike Faßbender für die gute und konstruktive Zusammenarbeit und ihren beständigen Einsatz für die GAMM. Dir danke ich persönlich für die kontinuierliche Unterstützung und dafür, dass du oft klare Worte gefunden hast. Aus meiner Sicht war unser gemeinsames Wirken zielführend für die GAMM.

Am 1. Januar 2023 wechsele ich ins Amt des Vizepräsidenten, so dass in diesem Jahr die Wahl eines neuen Präsidenten erforderlich ist. Hier steht Herr Kollege Karsten Urban zur Wahl. Ich freue mich schon auf eine gute Zusammenarbeit in den kommenden drei Jahren.

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

Jörg Schröder, GAMM-Präsident

## LINKS ZU FACHAUSSCHÜSSEN UND WEITEREN ORGANISATIONEN

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

Tagungsjahr 2022/2023

93. GAMM Jahrestagung in Dresden  
30.Mai-2.Juni 2023  
<https://jahrestagung.gamm-ev.de/>

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

Stochastische Optimierung in der Technik  
[gamm-sc.mathematik.uni-karlsruhe.de/index.html](http://gamm-sc.mathematik.uni-karlsruhe.de/index.html)

Dynamik und Regelungstheorie  
[www.ifatwww.et.uni-magdeburg.de/syst/GAMMFAGammfa.shtml](http://www.ifatwww.et.uni-magdeburg.de/syst/GAMMFAGammfa.shtml)

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

Optimierung mit partiellen  
Differentialgleichungen  
[www.gamm.optpde.net](http://www.gamm.optpde.net)

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

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

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

Angewandte und Numerische Lineare Algebra  
<https://gammanla.wordpress.com/>

Phasenmodellierung  
<https://compmech.ethz.ch/>

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

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

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

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

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

Computational Biomechanics

Computational and Mathematical Methods in  
Data Science  
<https://www.tu-chemnitz.de/mathematik/wire/cominds>

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.

# RICHARD-VON-MISES-PRIZE 2022

## JUN.-PROF. DR. RER. NAT. MATTI SCHNEIDER

VON THOMAS BÖHLKE



Bild: © Martin Baum

***Dear Ladies and Gentlemen, dear members of the International Association of Applied Mathematics and Mechanics,***

first of all I would like to thank GAMM and the local organizing committee for the successful planning and hosting of this annual conference and I would like to welcome you all to the Richard-von-Mises-Preis lecture. It is my great honor and pleasure to give the laudatory speech for this year's winner of the Richard von Mises Prize Mr. Matti Schneider. In the following, I will present his curriculum vitae and then outline his scientific achievements in general and his individual disciplines in particular.

In 2017, Matti Schneider took up his position as a Junior Professor at the Institute of Engineering Mechanics at KIT. Since then, I have come to know and appreciate him as a very collegial and profound young scientist with an extraordinary broad range of experience. He has provided important impetus in academia. He is equally active and successful in all the important areas of academic life like teaching, research and third-party funding acquisition. In teaching, he achieved excellent ratings both for standard lectures in Engineering Mechanics and for special courses in computational mechanics and applied mathematics. In research, he achieved a very high international visibility within a short period of time. In the context of the German Research Foundation "DFG" as well as industry-oriented third-party funding applications, he was successful with a wide variety of application formats. His publication output is far above average. Matti Schneider is the (co-)author of 57 publications

(13 as single author) in international journals with scientific quality standards and 14 conference papers.

Matti Schneider studied Applied Mathematics at the University of Mining and Technology Freiberg (2003-2009) and graduated with distinction. His Diploma thesis deals with "Dirac operators on two-dimensional manifolds", a topic which is situated in theoretical physics and differential geometry. He received one of the prestigious Klaus Tschira PhD scholarships which is awarded by the Max-Planck Institute for Mathematics in the Sciences (Leipzig). The scholarship enabled him to pursue a PhD in mathematics (at the University of Leipzig). In his doctoral thesis he focused on the mathematical analysis of dynamical systems with symmetries using topological methods. While he was still working on his doctoral thesis, his first child was born. As a result, he spent eight out of 41 months of his doctoral period on parental leave. In the middle of 2012, he accepted a postdoc position at the Fraunhofer Institute for Industrial Mathematics (ITWM) in Kaiserslautern. He worked in the group of Dr. Heiko Andrä in the field of topology optimization. From 2013 to 2015, he accepted a postdoc position within the Federal Cluster of Excellence MERGE on lightweight design at the Technical University of Chemnitz. From 2015 to 2017, Matti Schneider returned to the Fraunhofer ITWM. Since September 2017, he is Junior Professor for Computational Micromechanics at the Institute of Engineering Mechanics, Chair for Continuum Mechanics at Karlsruhe Institute of Technology (KIT). He is now a father of three children – a daughter aged 11 and two sons aged 7 and 5.

Matti Schneider made fundamental contributions to the field of computational micromechanics which provides computational technology for dealing with modern lightweight components made of micro heterogeneous materials. The latter arise when two or more materials with favorable properties are combined to a new composite material whose characteristics share the advantages of the mixed materials. Often, characterizing such materials experimentally is time and resource consuming, as their material properties typically depend on the direction, that means, they are anisotropic. Computational approaches complement experimental data, and benefit from the opportunities provided by modern three-dimensional imaging techniques resolving the microstructures of such micro heterogeneous materials exactly. They routinely contain over one billion volume pixels. Treating this huge amount of data provides a significant challenge, therefore efficient computational methods are crucial.

Matti Schneider is from my point of view one of the leading researchers in this field of computational multiscale methods and he contributed to ground-breaking research,



in particular for computational approaches based on the fast Fourier transform. He excels at dealing with the most difficult problems on an industrial scale, often bringing advanced mathematical methods into play to innovatively resolve the challenges of modern multiscale mechanics.

Despite his young age, Matti Schneider has contributed to an astonishing variety of subjects in solid mechanics. He provided a number of breakthrough achievements which I will go into more detail about shortly.

#### **FFT-based computational homogenization methods**

Since their introduction in the mid-1990s, methods based on the Fast Fourier Transform (FFT) are among the most powerful approaches for computational homogenization, dispensing with boundary-fitting meshes. Originally, FFT-based methods were considered as spectral methods which solve an integral equation. Mr. Schneider connected the method to traditional Galerkin methods and demonstrated that also finite difference, finite element and finite volume discretization's could be treated by FFT-based schemes.

Moreover, he is responsible for introducing a number of powerful solution methods into the FFT community, which led to a tremendous gain in computation time compared to the original state. Another significant contribution concerns the treatment of composite voxels, i.e., those containing more than a single material. These contributions have completely transformed the field, and serve as the basis for all modern academic and industrial FFT-based homogenization codes. His outstanding position is emphasized by his recent review article on FFT methods in *Acta Mechanica*.

### **Microstructure modeling**

Artificially generated microstructures may serve as representative volume elements for multiscale mechanics. They need to accurately reflect the statistics of the real material to be modeled. This is particularly difficult for fiber reinforced composites, as previous algorithms were unable to reach the required industrial fiber-volume fractions for specified fiber orientation. Based on a novel optimization approach, Mr. Schneider introduced the Sequential Addition and Migration algorithm for this purpose. It is extremely powerful and efficient, and serves as the industrial standard. Moreover, he contributed his ideas to generate sandcore materials, sheet-molding compound composites and polycrystalline microstructures.

### **Efficient scale transition in solid mechanics**

When considering nonlinear structural analyses of microstructured components, the evolution of the microstructural fields need to be accounted for. To alleviate the burden of fully coupled micro-macro simulation, efficient computational strategies are necessary. Mr. Schneider contributed to interpolation strategies, model-order reduction strategies, and, more recently, to methods based on artificial neural networks. These so-called Deep Material Networks (DMNs) are based on trees of laminates and can accurately reproduce full-field simulation results at a fraction of the original computational cost, resulting in a speed up by a factor of five orders of magnitude. The ground-breaking research of Mr. Schneider significantly advanced computational multiscale methods, enabling industrial-scale component simulations with unprecedented speed and accuracy.

### **Damage and fracture mechanics**

Providing reliable simulation technology for assessing the load-bearing capacity of industrial components made from microstructured materials is one of the grand challenges of today's solid mechanics research. Experimental characterization is often tedious and expensive, fostering the development of simulation technology. As they need to model

the final failure of materials, damage and fracture mechanics are not trivial. In particular, due to the involved mathematical difficulties, innovative contributions are particularly welcome. Mr. Schneider developed efficient FFT-based methods for computing phase-field fracture on heterogeneous microstructures, with applications to fatigue of polymer composites. He also introduced a specific anisotropic damage model in a thermodynamic framework which is tailored to stable damage processes in anisotropic media. Furthermore, Mr. Schneider has pioneered computational techniques for calculating the effective crack energy of heterogeneous materials. The developed technology is highly innovative, as the underlying problem is non-differentiable. Still, the machinery of representative volume elements, familiar for non-softening materials, may be utilized.

### **Applied materials and interdisciplinary research**

Despite his numerous theoretical contributions, Matti Schneider has never lost sight of applied research and industrial demands, perhaps also due to his experience in the Fraunhofer society. He studied a number of applied materials, including concrete, sheet-molding compounds, sandcores and wood-fiber based products like paper, paperboard and medium-density fiberboards.

Mr. Schneider represents an important connection between solid mechanics and the mathematical community. His research touches upon the foundations of solid mechanics, where he introduced a class of elastic materials at finite strains with favorable mathematical properties, and it also provides insights into fluid mechanics, more precisely the viscosity of particle suspensions. Additionally, he has gained valuable work experience in the field of topology optimization, which highlights the wide range of his academic expertise and scientific contributions.

### **Final words**

In summary, I conclude that Matti Schneider is one of the most promising young talents in the field of applied mechanics and applied mathematics. His field of activity, computational mechanics of applied materials, is of fundamental importance for the development of new materials and the realization of energy efficient solution techniques.

He has achieved an international visible profile in a short period of time. His numerous successful research and teaching activities prove that he is going to have a lasting positive impact on university teaching and research. He embodies in an ideal and outstanding way the interaction between mathematics and mechanics.

I would like to thank you all for your attention and once again GMM and the committee for the wonderful organization of this event.



Fotos: © Martin Baun

## LAUDATIO AUF DEN GASTREDNER TIM COLONIUS BEI DER LUDWIG-PRANDTL-GEDÄCHTNISLESUNG

VON MARTIN OBERLACK

Professor Tim Colonius holds the Frank and Ora Lee Marble Chair at the Department of Mechanical and Civil Engineering of the California Institute of Technology. He has held various earlier positions in the same department and, further, has been a visiting professor at various institutions worldwide such as the University of Melbourne, Australia, the University of Poitiers, France and the University of Cambridge, UK.

He first studied mechanical engineering at the University of Michigan, from which he graduated with a bachelor's degree. For his Master's and Doctorate, he moved to the Stanford University, where he completed his PhD with the title "Direct computation of aerodynamic sound generation" in 1994. This was the beginning of a distinguished career in fluid mechanics, numerical methods, control, and biomechanics. He has worked on such diverse topics as turbulence, aeroacoustics, flow instability, cavitation, multiphase flow, shock waves, high order schemes, immersed boundary methods, shock and interface capture schemes, active and passive flow control, reduced order modelling, ultrasonic

therapy, and lithotripsy. He has taught widely on these topics, and he received countless invitations to give lectures. Prof. Colonius has been PI and Co-PI on many national and international research initiatives with NSF, NASA, ONR, DARPA and industrial partners such as Boeing and Airbus to name a few. He served on countless committees for conferences, societies and also within his university. He has been heavily engaged in the scientific journal "Theoretical and computational Fluid Dynamics" for almost 20 years. First on the editorial board and from 2014 as Editor in Chief.

Prof. Colonius supervised more than 20 doctoral students and published more than 140 scientific papers. He received various prizes even at a very early stage, such as the Aeroacoustics Award of the American Institute of Aeronautics and Astronautics, Fellow of the Acoustical Society of America, Fellow of the American Physical Society, Associate Fellow of the American Institute of Aeronautics and Astronautics, the AIAA Best Paper Award, the IUTAM Bureau Prize, the NSF Career Award and the Powell Foundation Award.

## AUFRUF · CALL

**Für die Jahrestagung 2024 in  
Magdeburg, 18. - 22. März  
veranstaltet die GAMM einen  
Wettbewerb zur Einreichung von**

**For its Annual Meeting 2024 in  
Magdeburg, March 18 - 22,  
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 2022**

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.

#### **18. - 22. März 2024**

Durchführung der ausgewählten Minisymposien.

### Schedule:

#### **until December 31, 2022**

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 18 - 22, 2024**

Carrying out the nominated minisymposia.

## AUFRUF · CALL

## WAHLEN ZUM VORSTANDSRAT

Aufruf des Präsidenten  
mit Bitte um Wahlvorschläge zur Vorstandswahl 2023

**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 2023 zu wählen. Die Amtszeiten werden zum 01.01.2024 beginnen.

**Mitglieder des Vorstands**

Prof. A. Walther (Schatzmeisterin), Berlin, Angewandte Mathematik, Amtszeit bis 2023, wieder wählbar

Prof. M. Kaliske (Sekretär), Dresden, Festkörpermechanik, Amtszeit bis 2023, wieder wählbar

**Mitglieder des Vorstandsrates**

Prof. O. Shishkina, Göttingen, Strömungsmechanik, 1. Amtszeit bis 2023, wieder wählbar

Prof. K. Weinberg, Siegen, Festkörpermechanik, 1. Amtszeit bis 2023, wieder wählbar

Prof. B. Stamm, Aachen, Mathematik, 1. Amtszeit bis 2023, wieder wählbar

Die Quorenregelung der Wahlordnung verlangt, dass der/die PräsidentIn von mindestens 25 Mitgliedern, der Vizepräsident 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 05.04.2023, bei der Geschäftsstelle eintreffen.

**Vorstandswahl 2023**

Die Stimmabgabe zur Vorstandswahl erfolgt entweder mittels Urnenwahl im Rahmen der Mitgliederversammlung der Gesellschaft für Angewandte Mathematik und Mechanik e.V. in Dresden am Mittwoch, den 31.05.2023, oder mittels elektronischer Stimmabgabe. Als Mitglied der GAMM erhalten Sie eine gesonderte Einladung. Stimmberechtigt sind persönliche Mitglieder der GAMM sowie namentlich benannte Delegierte der korporativen Mitglieder.

Ich bitte Sie, persönlich an der Mitgliederversammlung in Dresden teilzunehmen und sich an der Wahl zu beteiligen. Die elektronische Stimmabgabe ist in dem Zeitraum vom 26.04.2023 bis 24.05.2023 über die Internetseite der GAMM möglich.

Jörg Schröder, Präsident

**Mitglieder der Wahlkommission für die Vorstandswahlen 2023**

Vorsitzende: J. Schröder, Essen, Vizepräsident

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

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

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

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

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

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

### Weitere Mitglieder des Vorstandsrates

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Prof. 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

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

### Kassenprüfer

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

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

## EHRENMITGLIEDER DER GAMM

**Ehrenvorsitzender**

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

**Ehrenmitglieder**

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

Prof. Dr. Aurel Stodola  
† 25. Dezember 1942

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

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

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

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

Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Wendland (2019)

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

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

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

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

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

Prof. Dr.-Ing. Jürgen 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:

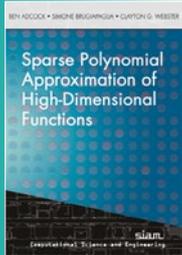
Prof. Dr. Richard Eppler, Stuttgart

Prof. Dr. phil. Siegfried Filippi, Giessen

Prof. Dr. Martin Fiebig, München

# Rundbrief Readers

Save up to 30% on these titles & more!



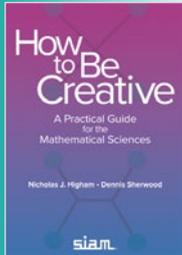
## Sparse Polynomial Approximation of High-Dimensional Functions

**Ben Adcock, Simone Brugiapaglia, and Clayton G. Webster**

For over seven decades there has been a focused research effort on high-dimensional approximation—that is, the development of methods for approximating functions of many variables accurately and efficiently from data. This book provides an in-depth treatment of sparse polynomial approximation methods, which have emerged as useful tools for various high-dimensional approximation tasks arising in a range of applications in computational science and engineering. It is the first comprehensive and unified treatment of polynomial approximation techniques that can mitigate the curse of dimensionality in high-dimensional approximation, including least squares and compressed sensing. It develops main concepts in a mathematically rigorous manner and contains many numerical examples, each accompanied by downloadable code.

mechanics, geometric optimization, and imaging. The authors chose to focus on the dynamical mesh updating in fluid mechanics and the construction of velocity fields from the boundary expression of the shape derivative. The book is a self-contained graduate-level text that integrates theory, applications, numerical approximations, and computational techniques. It applies transfinite interpolation methods to finite element mesh adaptation and ALE fluid-structure interaction.

2022 • xx + 268 pages • Hardcover • 978-1-611976-94-6  
List \$89.00 • SIAM Member \$62.30 • DC38



## How to Be Creative

A Practical Guide for the Mathematical Sciences

**Nicholas J. Higham and Dennis Sherwood**

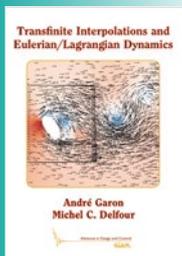
Do you know precisely how your creativity happens? Can you coach other people to be more creative? This book is a how-to guide focused on helping people working in the mathematical sciences to generate great—or even greater—ideas by showing them “how to do it” and how to teach others how to do it, too. Building on the authors’ many years of experience running creativity workshops, it provides a proven process for idea generation and a wide range of mathematically oriented examples.

## Introduction to Numerical Linear Algebra

**Christoph Börgers**

This textbook on numerical methods for linear algebra problems presents detailed explanations that beginning students can read on their own, allowing instructors to go beyond lecturing and making it suitable for a “flipped” classroom. The author covers several topics not commonly addressed in related introductory books, including diffusion, a toy model of computed tomography, global positioning systems, the use of eigenvalues in analyzing stability of equilibria, and multigrid methods. A detailed derivation and careful motivation of the QR method for eigenvalues starting from power iteration is also included, as is a discussion of the use of the SVD for grading.

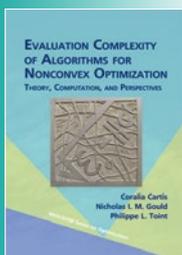
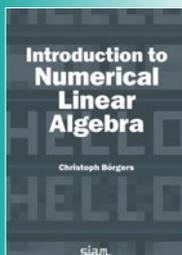
2022 • x + 348 pages • Softcover • 978-1-611976-91-5  
List \$79.00 • SIAM Member \$55.30 • OT178



## Transfinite Interpolations and Eulerian/Lagrangian Dynamics

**André Garon and Michel C. Delfour**

This book introduces transfinite interpolation as a generalization of interpolation of data prescribed at a finite number of points to data prescribed on a geometrically structured set such as a piece of curve, surface, or submanifold. The time-invariant theory is readily extended to a moving/deforming data set whose dynamics is specified in a Eulerian or Lagrangian framework. The resulting innovative tools cover a very broad spectrum of applications in fluid



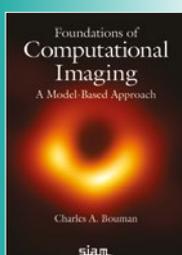
## Evaluation Complexity of Algorithms for Nonconvex Optimization

**Theory, Computation, and Perspectives**

**Coralia Cartis, Nicholas I. M. Gould, and Philippe L. Toint**

This is the go-to book for anyone interested in solving nonconvex optimization problems. It is the first book on evaluation complexity to cover topics such as composite and constrained optimization, derivative-free optimization, subproblem solution, and optimal (lower and sharpness) bounds for nonconvex problems. It is also the first to address the disadvantages of traditional optimality measures and propose useful surrogates leading to algorithms that compute approximate high-order critical points, and to compare traditional and new methods, highlighting the advantages of the latter from a complexity point of view.

2022 • xviii + 531 pages • Hardcover • 978-1-611976-98-4  
List \$99.00 • SIAM Member \$69.30 • MO30



## Mathematical Foundations of Finite Elements and Iterative Solvers

**Paolo Gatto**

This textbook describes the mathematical principles of the finite element method, a technique that turns a (linear) partial differential equation into a discrete linear system, often amenable to fast linear algebra. It examines the crucial interplay between analysis, discretization, and computations in modern numerical analysis; recounts historical developments leading to current state-of-the-art techniques; and, while self-contained, provides a clear and in-depth discussion of several topics, including elliptic problems, continuous Galerkin methods, iterative solvers, advection-diffusion problems, and saddle point problems.

2022 • x + 176 pages • Softcover • 978-1-611977-08-0  
List \$69.00 • SIAM Member \$48.30 • CS26

## Foundations of Computational Imaging

A Model-Based Approach

**Charles A. Bouman**

Collecting a set of classical and emerging methods not available in a single treatment, this is the first book to define a common foundation for the mathematical and statistical methods used in computational imaging. The book brings together a blend of research with applications in a variety of disciplines, including applied math, physics, chemistry, optics, and signal processing, to address a collection of problems that can benefit from a common set of methods. Readers will find basic techniques of model-based image processing, a comprehensive treatment of Bayesian and regularized image reconstruction methods, and an integrated treatment of advanced reconstruction techniques, such as majorization, constrained optimization, alternating direction method of multipliers, and Plug-and-Play methods for model integration.

2022 • xii + 337 pages • Softcover • 978-1-611977-12-7  
List \$84.00 • SIAM Member \$58.80 • OT180

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

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

Use coupon code **BKGM22** to receive **20%** off all books in the SIAM bookstore. SIAM members automatically receive **30% off**. Members and customers outside North and South America can order at [eurospanbookstore.com/siam](http://eurospanbookstore.com/siam) and save on shipping.