



**AUS DEM INHALT:**

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

**SAMUEL FOREST AND KHEMAIS SAANOUNI:**  
**SIZE-DEPENDENT MODELING OF STRAIN**  
**LOCALIZATION AND FRACTURE IN MATERIALS,**  
**STRUCTURES AND PROCESSES**

**MARTIN GENZEL AND GITTA KUTYNIOK:**  
**ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS**

**JUNGE WISSENSCHAFTLER:**  
**FELIX FRITZEN**  
**STEFAN FREI**

**RICHARD-VON-MISES-PREIS 2019**  
**GAMM-NACHWUCHSGRUPPEN**

## 2/2019

Herausgeber:  
 Prof. Dr.-Ing. Jörg Schröder  
 Universität Duisburg-Essen  
 Prof. Dr. Axel Klawonn  
 Universität zu Köln

Schriftleitung:  
 Prof. Dr.-Ing. Jörg Schröder  
 Universität Duisburg-Essen  
 Fakultät für Ingenieurwissenschaften  
 Abteilung Bauwissenschaften  
 Universitätsstraße 15  
 45117 Essen  
 Tel.: +49 (0)201 / 183-2682  
 E-Mail: j.schroeder@uni-due.de

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

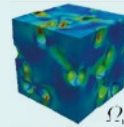
- 4 Size-dependent modeling of strain localization and fracture in materials, structures and processes**  
 by Samuel Forest and Khemais Saanouni



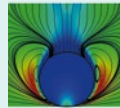
- 12 Artificial Neural Networks**  
 by Martin Genzel and Gitta Kutyniok



- 21 Steckbrief Felix Fritzen**



- 23 Steckbrief Stefan Frei**



- 27 YAMM lunch: Young Academics Meet Mentors**  
 by Johanna Eisenträger, Tobias Kaiser & Christoph Meier

**Jahresberichte 2019 der GAMM-Nachwuchsgruppen**

- 28 U Ulm**  
 von Sean Schneeweiß und Lucas Engelhardt
- 28 TU Dortmund**  
 von Tobias Kaiser
- 29 U + TU Hamburg**  
 von Hannes von Allwörden
- 29 TU Chemnitz**  
 von Dr. Ailyn Stötzner und Alexandra Bünger
- 30 TU Berlin**  
 von Daniel Bankmann und Felix Black
- 30 U Augsburg**  
 von Oliver Kanschat-Krebs, Roland Maier und David Wiedemann

- 32 Die Rolle der GAMM beim Aufbau einer Nationalen Forschungsdateninfrastruktur**  
 von Peter Benner und Stefan Diebels

- 35 Laudatio auf den Gastredner Hendrik Kuhlmann bei der Ludwig-Prandtl-Gedächtnislesung**  
 von Martin Oberlack

- 36 Nachruf: Reinhard Mennicken**  
 von Christiane Tretter

- 37 Nachruf: Erwin Stein**  
 von Peter Wriggers

- 40 GAMM 2019 in Wien**  
 von Josef Eberhardtsteiner und Joachim Schöberl

- 42 GAMM 2019 in Wien: Opening Speech**  
 von Heike Faßbender

- 44 Beschlussprotokoll zur Jahreshauptversammlung 2019**

- 46 Bericht der Präsidentin zur Hauptversammlung GAMM 2019**

- 49 Links zu Fachausschüssen und weiteren Organisationen**

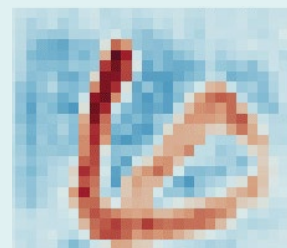
- 50 Richard-von-Mises-Preis 2019**

- 52 Aufruf: Nachwuchs-Minisymposien**

- 53 Aufruf: Wahlen zum Vorstandsrat**

- 54 Vorstand der GAMM**

- 55 Ehrenmitglieder der GAMM**



## LIEBE LESERIN, LIEBER LESER, LIEBE GAMM-MITGLIEDER,



auch in dieser zweiten Ausgabe des GAMM-Rundbriefes des Jahres 2019 können wir auf eine erfolgreiche Jahrestagung zurückschauen. Unser 90. GAMM Jahrestreffen fand vom 18.-22. Februar 2019 in Wien, Österreich, statt. Etwa 1270 Teilnehmerinnen und Teilnehmer aus 34 Nationen trafen sich und konnten 927 Vorträge in 24 Sektionen, sowie weitere Hauptvorträge und Vorträge in Minisymposien hören. Eine Bilanz zu unserem Jahrestreffen ziehen Josef Eberhardsteiner und Joachim Schöberl. Bereits an dieser Stelle möchten wir den Organisatoren und weiteren Verantwortlichen der TU Wien für die herausragend gelungene Ausrichtung der Konferenz danken.

In den Leitartikeln dieser Ausgabe befassen sich Samuel Forest und Khemais Saanouni mit dem Thema „Size-dependent modeling of strain localization and fracture in materials, structures and processes“ sowie Martin Genzel und Gitta Kutyniok mit dem hochaktuellen und allgegenwärtigen Forschungsbereich „Artificial Neural Networks“.

Die Simulation von Schadens- und Bruchprozessen ist essentiell für die Vorhersage der Zuverlässigkeit und Sicherheit industrieller Güter und sie stellt weiterhin eine besondere Herausforderung aus Sicht der kontinuumsmechanischen Modellierung und Berechnung dar. Lokalisierungsphänomene gehen im Allgemeinen dem Versagensbeginn voraus, was zum Verlust der Elliptizität der nichtlinearen partiellen Differentialgleichungen führt. Im Leitartikel von Forest und Saanouni wird eine systematische Methode beschrieben, um das klassische kontinuumsmechanische Modell durch intrinsische Längenskalen zu verbessern. Martin Genzel und Gitta Kutyniok beleuchten in ihrem Leitartikel den Erfolg, den Nutzen und auch die Grenzen künstlicher neuronaler Netze. In ihrem Beitrag geben sie eine grundsätzliche Erklärung zu dem auch in der Öffentlichkeit derzeit populären Begriff eines „artificial neural networks“ und stellen das mathematische Grundgerüst eines solchen Netzes dar. Neben einer Anwendung für ein typisches Problem, diskutieren sie die Anwendbarkeit auf mathematische Problemstellungen und wagen einen Ausblick für die zukünftige Anwendung künstlicher neuronaler Netze in der Forschung.

In dieser Ausgabe stellen sich die Kollegen Peter Benner und Stefan Diebels der Frage um „Die Rolle der GAMM beim Aufbau einer Nationalen Forschungsdateninfrastruktur“. Sie beleuchten den Aufbau einer Nationalen Forschungsdateninfrastruktur und den Beitrag von zwei GAMM Fachkonsortien in diesem Kontext.

Herzlich gratulieren wir den Preisträgern des diesjährigen Richard-von-Mises Preises. Die Laudationes auf Dietmar Gallistl von Carsten Carstensen und auf Philipp Junker von Klaus Hackl sind in dieser Ausgabe nachzulesen.

Ferner stellen sich in dieser Ausgabe Herr Dr.-Ing. Dipl.-Math. Techn. Felix Fritzen, tätig an der Universität Stuttgart, und Herr Dr. Stefan Frei vom University College London in unseren Steckbriefen vor.

Für weitere Anregungen zur Gestaltung des GAMM-Rundbriefes und zur Einsendung von Beiträgen und Steckbriefen schicken Sie bitte eine E-Mail an [klawonn@math.uni-koeln.de](mailto:klawonn@math.uni-koeln.de) (Mathematik) oder an [j.schroeder@uni-due.de](mailto:j.schroeder@uni-due.de) (Mechanik).

Wir wünschen Ihnen viel Freude beim Lesen.

Essen und Köln im August 2019,

Jörg Schröder und Axel Klawonn

P.S.: Liebe GAMM-Mitglieder,

ich möchte mich bei Ihnen für die positive Aufnahme des „neuen“ GAMM-Rundbriefes, der mittlerweile zum 26ten Mal erscheint, bei allen Autoren für die stets gute Zusammenarbeit und für Ihre wertvollen Beiträge in den letzten Jahren bedanken. Hervorheben möchte ich zudem die professionelle Zusammenarbeit mit Frau Göhlert von der GAMM Geschäftsstelle, die uns vieles erleichtert hat.

Mein besonderer Dank richtet sich an meinen Kollegen Prof. Axel Klawonn für die angenehme, konstruktive und freundschaftliche Zusammenarbeit in den letzten zehn Jahren, die die Arbeit am GAMM-Rundbrief zu einer großen Freude gemacht hat.

Meine Aufgabe als Mit-Herausgeber des GAMM-Rundbriefes wird ab dem kommenden Jahr Herr Prof. Daniel Balzani von der Ruhr Universität Bochum übernehmen. Nun wünsche ich Ihnen eine anregende Lektüre.

Glück Auf, Jörg Schröder

# SIZE-DEPENDENT MODELING OF STRAIN LOCALIZATION AND FRACTURE IN MATERIALS, STRUCTURES AND PROCESSES

BY SAMUEL FOREST AND KHEMAIS SAANOUNI

## Abstract

The simulation of damage and fracture processes in engineering materials and structures has become a necessary step for the prediction of the reliability and safety of many industrial components. It is a challenging task from the continuum modelling and computational points of view. Strain localization phenomena generally precede the onset of failure leading to the loss of ellipticity of the nonlinear partial differential equations. A systematic method is described in the present article to enhance the classical continuum mechanical framework by intrinsic length scales inherited from the material microstructure, and, in that way, restore the well-posedness of the boundary value problem. The generic formulation is specialized in the case of plasticity and damage of ductile materials. The contribution ends with a practical application of damage prediction during a deep drawing process on a metal sheet.

## Generalized continua

After more than 150 years of theoretical developments since the pioneering works of Cauchy, Piola and the Cosserat brothers, the mechanics of generalized continua reaches today a certain level of maturity in so far as its methods can readily be applied to engineering problems for which intrinsic lengths related to the material microstructure must be optimized. The generalized continua of concern in the present contribution can be classified into two main groups: higher grade continua which include higher gradients of the displacement field than in Cauchy's classical theory, and higher order continua which incorporate additional kinematic degrees of freedom still within the framework of first gradient approach [1,2]. The attention is focused on the latter class because it allows for remarkably simple extensions of classical material models and associated finite element implementation. The transition from higher order theory to higher grade formulations by means of suitable internal constraints will be discussed. According to Eringen and Mindlin, the micromorphic continuum point is endowed with microdeformation degrees of freedom accounting for the distortion and rotation of a triad of directors attached to the microstructure (for example lattice or fiber directions) in addition to its usual displacement. The gradients of both displacement and microdeformation fields are assumed to perform work with associated simple

and double stress tensors. If the microdeformation coincides with the deformation gradient meaning that directors are conveyed by the material deformation, the microdeformation gradient is nothing but the second gradient of the displacement field, performing in that way the transition from micromorphic to gradient theories [3]. In contrast to the dimensionless strain tensor of the classical theory, the microdeformation gradient and the strain gradient have the physical dimension of inverse length thus bringing intrinsic lengths into play within the continuum setting. The price to pay for the implementation of the micromorphic continuum into a finite element program is significant since no less than twelve nodal degrees of freedom are required at each node instead of the usual three displacements. Reduced models are possible to spare some of them: The microstrain theory does not retain the microstructure rotation in the enhanced kinematics while this microrotation is essential in the Cosserat (micropolar) model [4,5]. The full gradient of microdeformation can also be reduced to its curl part according to the concept of Kröner's dislocation density tensor [6].

Homogenization methods have been designed to provide a precise definition of micromorphic degrees of freedom from the detailed knowledge of the underlying actual microstructure [7]. They are based on suitable averaging procedures and proper selection of the main microstructural features to be followed at the microscopic scale. Generalized continua are applicable to all domains of the mechanics of materials, including grain and precipitate size effects in metallic alloys and particle size or fiber bending modes in composites. However, the most promising realm of application surely lies in the description of strain localization and induced fracture because its use cannot be circumvented by alternative heuristic methods like explicit relations to microstructure sizes (for example Hall Petch and Orowan scaling laws for grain and precipitate size effects). It is well-known that the simulation of localization phenomena is accompanied by a spurious dependence of the results on the discretization and resolution algorithms. This can be attributed to the loss of ellipticity of the set of partial differential equations in the presence of softening phenomena. Generalized continua can be employed to restore the well-posedness of the problem, at least up to a certain point, because they introduce the missing intrinsic lengths

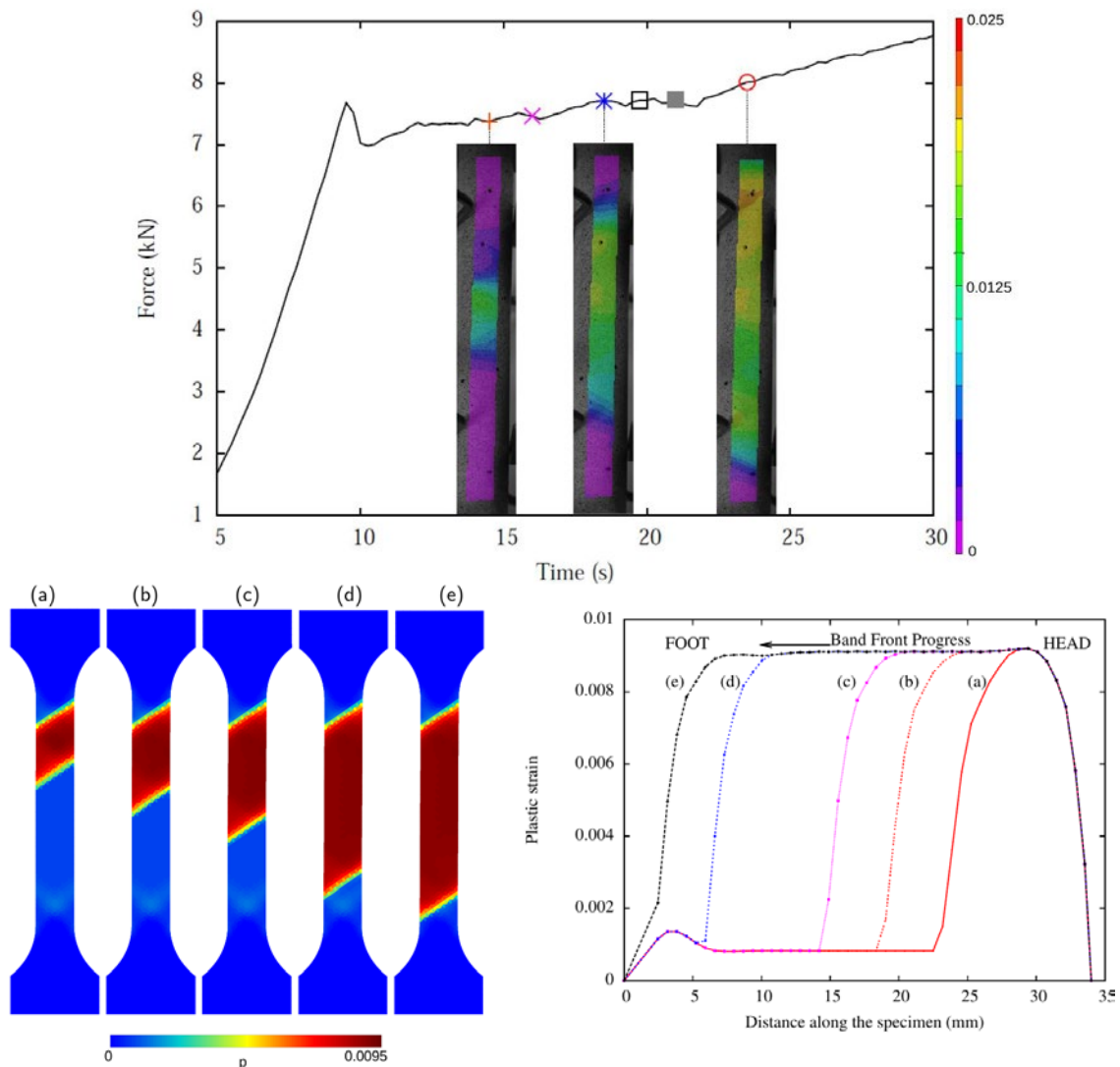


Fig. 1: Observation of the Lüders phenomenon in a C-Mn steel (tensile curve at 10-3 s-1 and strain field measurement; top, after [17]) and its finite element simulation by means of a strain gradient plasticity model accounting for the finite thickness of the band front: field of plastic strain (bottom left) and plastic strain along a central vertical line showing the band progression (bottom right, after [18]).

that set the size of the localization zone. The advantage of the generalized continuum approach with respect to purely mathematical regularization techniques is the possibility of designing thermodynamically consistent constitutive models reflecting some of the physical mechanisms involved in material failure.

### Nonlinear constitutive laws for generalized media

The formulation of nonlinear constitutive equations for the elasticity, (visco)plasticity and damage behaviour of materials, well-established in Cauchy continuum mechanics, can be extended to higher order and higher grade media within the continuum thermodynamics of irreversible processes framework [8]. It consists in enlarging the sets of degrees of freedom, strain measures and internal variables and constructing typically two potential functions, namely the free (stored) energy density function accounting for reversible processes and a pseudo-potential of dissipa-

tion as functions of this extended set of state variables. In contrast to general nonlocal theory (integral form), the thermodynamics of higher order and higher grade media remains local in the sense that the constitutive response of the material point depends on the values of variables defined at that point. The strain and stress tensors must be decomposed into reversible and inelastic parts. The same must be done for the microdeformation and its gradient within a micromorphic framework. Decompositions of such curvature tensors have been proposed that are consistent with the usual multiplicative decomposition of the deformation and microdeformation tensors. In strain gradient theory, the strain gradient and the hyperstress tensors can also be decomposed accordingly [4]. Internal variables are necessary to describe dissipative phenomena like hardening and damage. The thermodynamic framework provides a consistent way of deriving the coupling between these variables avoiding arbitrary choices as much as possible.

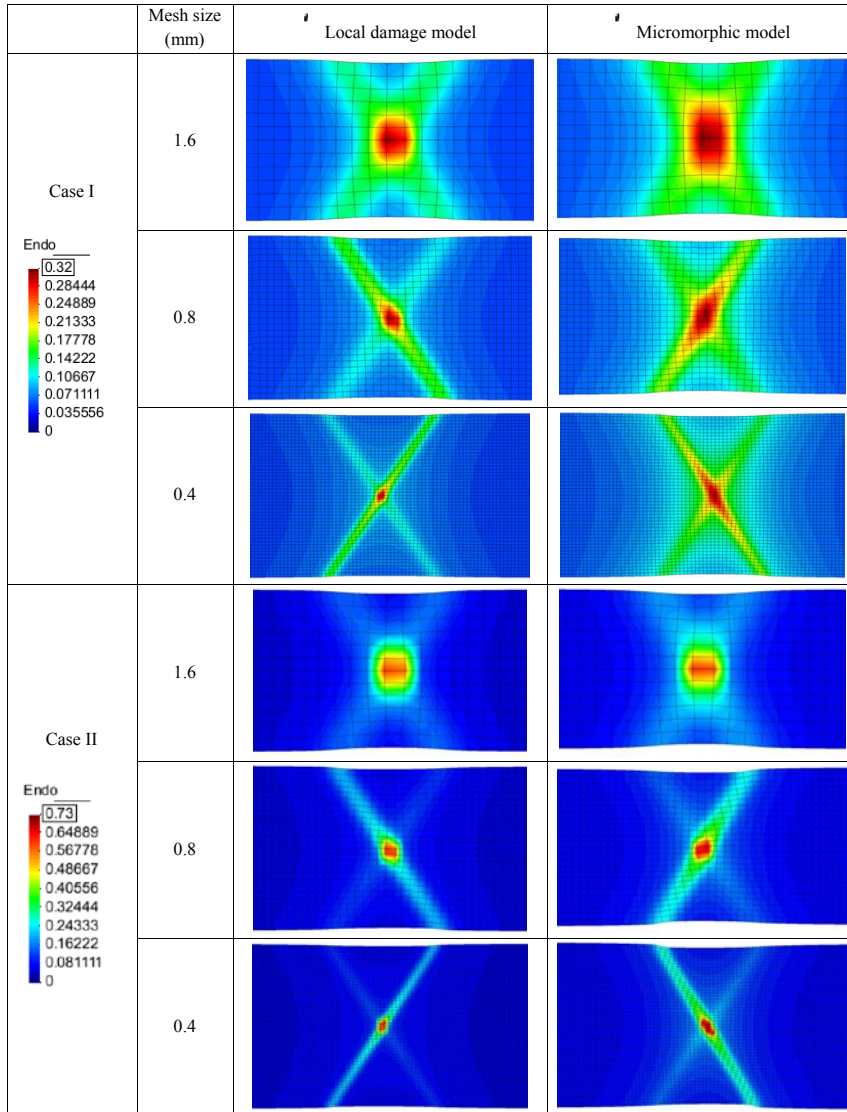


Fig. 2: Distribution of the damage field as predicted by the fully local model and by the micromorphic model (micromorphic damage and micromorphic hardening) for a tensile test with three different mesh sizes [28].

Strain gradient plasticity and damage theories are special classes of generalized continua which incorporate the effect of plastic strain and/or damage variables and their gradients. In that way these internal variables are raised to the status of internal degrees of freedom. The evolution of internal variables is computed by means of ordinary differential equations. If gradients are introduced, these relations become partial differential equations with appropriate boundary conditions. Solving them within the finite element method is a challenging task [9].

### The micromorphic approach to gradient plasticity and damage

With a view to practical engineering applications, we have designed a systematic method for the extension of standard existing elasto-visco-plastic models to generalized continuum theory [10,11]. The objective is to minimize the intrusion inside the original mechanical model and provide sufficient regularization power for the description of size effects and localization phenomena. The equations of the

initial model and of the proposed extension are given in Table 1, in the small deformation framework for conciseness. In each column, we provide the degrees of freedom (including the displacements), the power of internal forces,  $p^{(i)}$ , balance laws, the Helmholtz free energy function and the dissipation rate. The first step consists in the selection of one variable,  $\phi$ , among or function of all available ones: total strain tensor, equivalent strain, plastic strain, or damage variable... The remaining internal variables are denoted by  $\alpha$ . In Table 1,  $\phi$  is a scalar, but in general it can be a tensor of any order like in Eringen's original theory. An independent degree of freedom,  $\phi_x$ , having the same physical dimension as  $\phi$ , is introduced at each material point in addition to the usual displacement. It is called the micromorphic degree of freedom even though this denomination is better suited for strain-like variables according to the original micromorphic model. The gradient of the micromorphic variable is introduced in the theory in the same way as the displacement gradient. The choice of the best-suited variable  $\phi$  is essentially heuristic depending on the target-

initial model $DOF = \{\mathbf{u}\}$ $GRAD = \{\nabla \mathbf{u}\}$	micromorphic extension $DOF = \{\mathbf{u}, \phi_\chi\}$ $GRAD = \{\nabla \mathbf{u}, \nabla \phi_\chi\}$
<i>Balance laws</i>	
$p^{(i)} = \boldsymbol{\sigma} : \dot{\boldsymbol{\varepsilon}}$ $\text{div } \boldsymbol{\sigma} + \mathbf{f} = \rho \ddot{\mathbf{u}}$	$p^{(i)} = \boldsymbol{\sigma} : \dot{\boldsymbol{\varepsilon}} + a \dot{\phi}_\chi + \mathbf{b} \cdot \nabla \phi_\chi$ $\text{div } \boldsymbol{\sigma} + \mathbf{f} = \rho \ddot{\mathbf{u}}$ $\text{div } \mathbf{b} - a = \rho \zeta \ddot{\phi}$
<i>Boundary conditions</i>	
$\mathbf{t} = \boldsymbol{\sigma} \cdot \mathbf{n}$	$\mathbf{t} = \boldsymbol{\sigma} \cdot \mathbf{n}, \quad \mathbf{m} = \mathbf{b} \cdot \mathbf{n}$
<i>Free energy density function</i>	
$\psi = \psi_0(\boldsymbol{\varepsilon}^e, \phi, \alpha)$	$\psi = \psi_0(\boldsymbol{\varepsilon}^e, \phi, \alpha) + \frac{1}{2} H_\chi (\phi - \phi_\chi) + \frac{1}{2} \nabla \phi_\chi \cdot \mathbf{A} \cdot \nabla \phi_\chi$
<i>Dissipation rate</i>	
$D = \boldsymbol{\sigma} : \dot{\boldsymbol{\varepsilon}}^p - \frac{\partial \psi}{\partial \alpha} \dot{\alpha} - \frac{\partial \psi}{\partial \phi} \dot{\phi}$	$D = \boldsymbol{\sigma} : \dot{\boldsymbol{\varepsilon}}^p - \frac{\partial \psi}{\partial \alpha} \dot{\alpha} - \frac{\partial \psi}{\partial \phi} \dot{\phi}$
<i>regularization equation</i>	
$\text{div} (\mathbf{A} \cdot \nabla \phi_\chi) - H_\chi (\phi - \phi_\chi) = \rho \zeta \ddot{\phi}_\chi$	

Table 1: Main equations of the initial and regularized model in its most simple formulation including only non-dissipative micromorphic contributions. Boldface letters denote vectors and second rank tensors.

ted size effects to be modelled. Two higher order stresses,  $a$  and  $\mathbf{b}$ , are introduced as conjugate quantities in the power of internal forces. They fulfill an additional micromorphic balance equation with associated Neumann boundary conditions. The initial Helmholtz free energy function which contains stored energy due to elasticity and internal variables is complemented by two convex quadratic contributions that penalize the distance between  $\phi$  and  $\phi_\chi$  and the gradient of  $\phi_\chi$ . The convexity of these contributions require that  $H_\chi > 0$  and  $\mathbf{A}$  is positive definite. It is required for regularization purposes. Large enough values of parameter constrain the microvariable  $\phi_\chi$  to be very close to  $\phi$ . It follows that  $\text{grad } \phi_\chi$  is almost equal to  $\text{grad } \phi$ . In that way, the micromorphic model almost coincides with a gradient theory. The enhanced model of Table 1 is restricted to the simplest situation where the microdeformation and its gradient are assumed not to contribute to the dissipation. More general extensions including dissipative micromorphic contributions are possible [8]. In the context of Table 1, the higher order stresses are linearly related to  $\phi - \phi_\chi$  and

the gradient of  $\phi_\chi$ , respectively. Once substituted into the balance law satisfied by the higher order stresses, these relations result in a partial differential equation (p.d.e.) of the Laplace form with a source term. This p.d.e. derived from thermodynamic considerations is given in the last line of Table 1. It has the same form as the so-called implicit gradient model discussed in [12]. Differences between both approaches were pointed out in [10]. Such diffusion-like equations display regularization properties when coupled to the mechanical system of equations. A similar strategy has also been used in [13].

An incremental variational formulation of the proposed scheme has then been proposed by C. Miehe [14].

A look at Table 1 shows the existence of an inertia term in the micromorphic balance law in addition to the usual acceleration term in the dynamic balance of momentum equation. This term, already present in Eringen's original micromorphic theory, has been included in the general micromorphic approach by the authors in [15] in order to perform simulations based on explicit resolution schemes.



Fig. 3: Macroscopic crack initiation experimentally observed at the end of the cross section deep drawing of the DP1000 sheet [28].

### Strain and damage localization phenomena

Metallic alloys and soils are prone to localization of plastic strains. The occurrence of shear bands is predicted based on well-known bifurcation criteria like Rice's loss of ellipticity condition, or suitable perturbation analyses. Reliable simulations of the post-bifurcation behaviour require the introduction of intrinsic lengths accounting for the finite width of strain localization bands. Strain gradient plasticity models are best-suited for this purpose but they are not easy to implement in finite element codes because the yield condition becomes a p.d.e. generally involving the Laplace operator. The micromorphic approach is an efficient remedy introducing a microplastic degree of freedom  $p_x$  akin to the cumulative plastic strain variable  $p$ . The micromorphic d.o.f. can be seen as an auxiliary variable so as to replace a second order p.d.e. by a system of two first order equations. This strategy has been applied to shear banding at finite deformations in [16].

Fig. 1 shows the experimental evidence of the Lüders phenomenon in a C-Mn steel characterized by the formation of an inclined localization band in a cylindrical tensile specimen and its propagation all along the sample gauge during further straining. The occurrence of the first band is linked to the initial peak stress observed on the tensile curve whereas its propagation is associated with a plateau on the same curve. Such behaviour can be modelled by the combination of softening-hardening evolution equation for the yield stress. Strain gradient plasticity and its micromorphic formulation allow for the simulation of a finite size propagating front of the band in agreement with DIC (Digital Image Correlation) strain field measurements, as shown in Fig. 1 [17,18].

Gradient or micromorphic regularization is also essential in the modelling of brittle damage in solids like concrete or ceramics. Brittle damage models often involve a damage variable,  $d$ , increasing from 0 to 1 in the fully failed material mode. For that reason, the corresponding gradient damage models are often called phase field approaches. They can be advantageously coded as micromorphic models involving a microdamage d.o.f.,  $d_x$ , for easier implementation

when the damage variable is driven by an evolution equation (o.d.e.) in the initial model [19,20].

Recent works concentrate on the coupling between plasticity and damage making use of micromorphic variables either dealing with plastic strain, damage or total strain [21,22]. The contributions of brittle and ductile damage mechanisms can be incorporated with suitable coupling with plasticity. Tremendous effort is still needed for the reliable simulation of crack initiation and propagation in heterogeneous materials and structures. In particular, reaching final fracture within an actual crack may require an evolving length scale, essentially decreasing to zero during damage.

The micromorphic approach, rooted in its thermodynamical formulation, is also well-suited for the coupling with thermal effects like thermal softening induced by dissipative processes [23,24].

### Damage prediction in metal forming

Sheet or bulk metal forming by large inelastic (plastic or viscoplastic) strains is widely used to form various geometrically complex mechanical parts. During these forming processes, performed at room or high temperatures, large inelastic strains strongly localize inside narrow bands depending on the material's microstructure and on the type of loading paths experienced by the deformed metal. This strong localization of inelastic flow is often at the origin of the initiation, growth and coalescence of microcracks and/or microvoids, occurring inside the localization bands.

Accordingly, before the forming of any sheet or bulk metal, it is highly recommended to make sure that the final part can be obtained safely without major defect (cracks, wrinkles ...). On the other hand, it is possible to take advantage of the formation of macroscopic crack initiation and propagation in the desired direction in order to perform the appropriate cutting or machining operations. This can be done by means of suitable numerical simulation methods based on accurate and highly predictive constitutive equations accounting for various physical phenomena and their



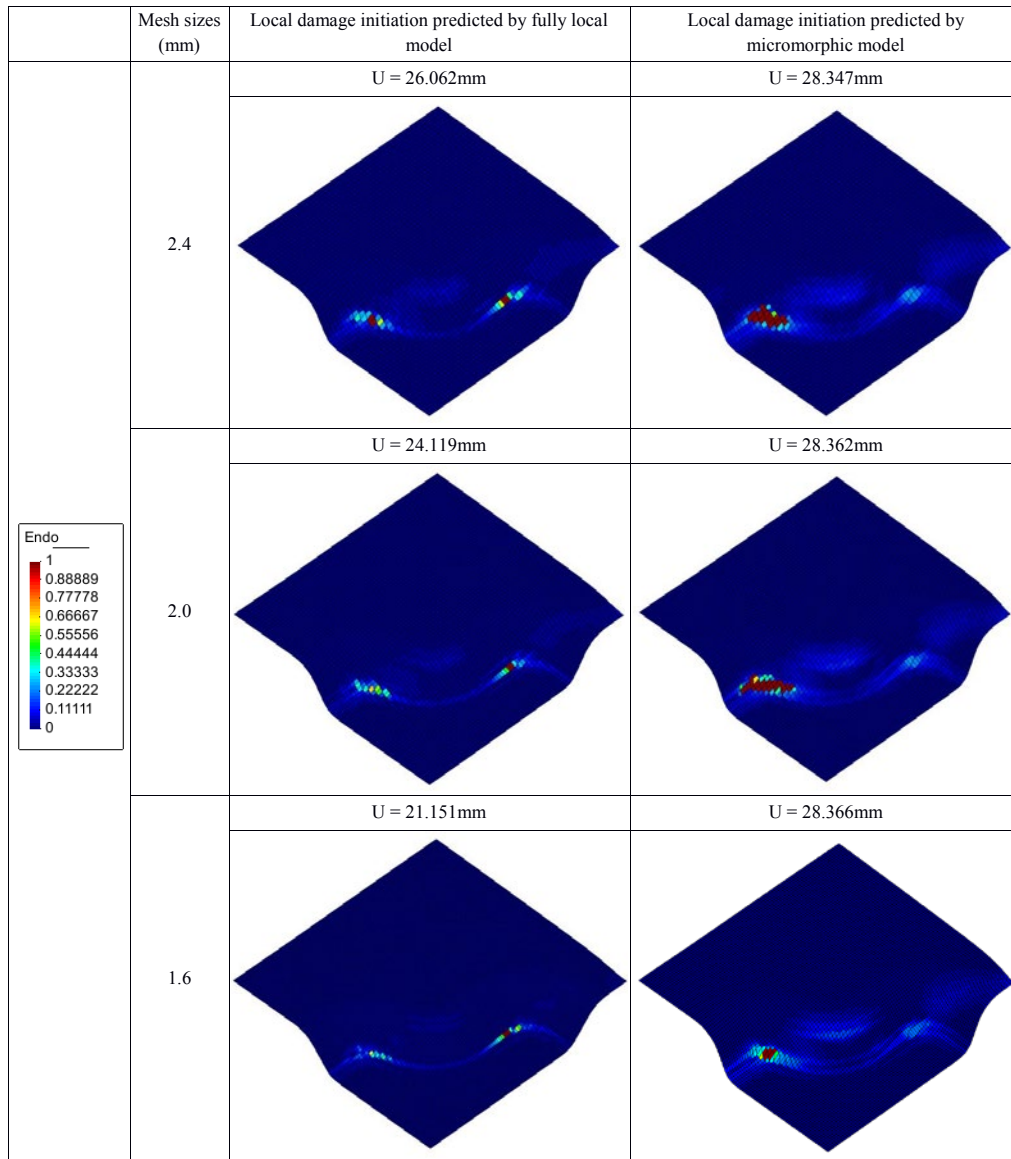


Fig. 4: Distribution of the damage field as predicted by the fully local model and by the micromorphic model (micromorphic damage and micromorphic hardening) from the cross section deep drawing process at different values of the punch displacement, with three different mesh sizes [29].

mutual coupling, together with associated robust numerical resolution schemes according to the nonlinear FEM. A methodology of this type, called *virtual metal forming*, has been developed during the last three decades by Saanouni and coworkers, based on advanced strongly coupled but local constitutive equations under small elastic strains and large inelastic strains [25-27].

The strong coupling between plasticity and ductile damage leads to local softening mechanisms that develop as the RVE (Representative volume Element) is approaching the final fracture. As discussed above, this induced softening changes the nature of the initial and boundary value problem (IBVP) making its solution highly dependent on the space and time discretizations. To overcome this dependency, the local advanced constitutive equations have been extended to incorporate intrinsic length scales,

for instance within the framework of micromorphic theory [26-29].

Following the micromorphic theory introduced in the previous sections, a generalized set of balance equations (p.d.e.) as well as a generalized set of constitutive equations (o.d.e.) have been derived. The variable  $\phi$  in Table 1 is now specialized to specific strain, hardening or/and damage variables. This represents also an extension of the generic model to several micromorphic variables.

In that formulation, the targeted micromorphic phenomena are (i) the micromorphic isotropic ductile damage represented by a scalar damage variable; (ii) the micromorphic isotropic hardening represented by a scalar hardening variable; and finally, (iii) the micromorphic kinematic hardening represented by a second-rank tensor. The concept of effective state variables is introduced based on the total

energy equivalence assumption as usually done in continuum damage mechanics. The complete set of the local and micromorphic constitutive equations is composed of the stress-like variables deduced from the state potential and of the evolution equations for all dissipative phenomena deduced from the appropriate yield functions and dissipation pseudo-potential. In addition to the usual elasticity, hardening and damage parameters of the model, the micromorphic extension requires 6 new material parameters to be identified: three intrinsic lengths associated with the plasticity and damage mechanisms, and three penalty moduli. The proposed framework is now illustrated in the case of a combination of micromorphic damage and micromorphic isotropic hardening (no micromorphic kinematic hardening for simplicity). The model is used to simulate first the uniaxial tension of a standard specimen made of dual phase steel (DP1000). The corresponding experimental results and identified material parameters are taken from [29]. Three different mesh sizes were considered. The distribution of the local damage inside the tension specimen for two maximum damage values  $d_{max} = 0.32$  (Case I) and  $d_{max} = 0.73$  (Case II) as predicted by the local model and the micromorphic model are shown in Fig. 2. As expected, the local damage zones predicted by the micromorphic model have a finite width in contrast to the ones predicted by the local model.

Finally, a simple example of a cross section deep drawing of a part is simulated using the subroutine VUEL of Abaqus/Explicit with the proposed strongly coupled local and micromorphic models assuming time-independent plasticity at room temperature [28-29]. The cross section deep drawing sample is shown in Fig. 3 where a crack formed during deep drawing is clearly visible. Fig. 4 shows the distribution of the local damage variables for different values of the punch displacement obtained with both the local and micromorphic models (micromorphic damage and micromorphic isotropic hardening). These maps are shown when the first elements are fully damaged, which defines here the macroscopic crack initiation. For the fully local model, the damage initiates inside a single element (i.e. highly localizing). It happens earlier if the mesh size is smaller: at the punch displacement  $u=21$  mm for the mesh size  $h=1.6$  mm; at  $u=24$  mm for  $h=2.0$  mm and at  $u=26$  mm for  $h=2.4$  mm. In contrast, according to the micromorphic model, the macroscopic crack initiates inside a finite zone containing more than one element (i.e. less localizing) but at the punch displacement  $u=28$  mm irrespective of the mesh size. Also, the location of the single macroscopic crack predicted by the micromorphic model, with the three mesh sizes, is similar to the experimentally observed crack given in Fig. 3 while the local model predicts two macroscopic cracks for each mesh size. This illustrates the regularization capability of the micromorphic approach and the possibility of reaching an accurate description of actual damage phenomena during metal forming of these sheets.

### Conclusion and outlook

Once finely tuned from suitable experiments, any engineering nonlinear constitutive model including hardening/soft-

ening plasticity and damage mechanisms can be extended to incorporate internal scales by means of the proposed micromorphic approach. The regularization power of the method has been illustrated in the case of plastic strain localization, crack initiation and propagation, leading to finite width shear bands or cracks. Finite element simulations of Lüders band propagation, crack branching and bifurcation in anisotropic media and finally deep drawing of metal sheets were reported as promising generic examples. Two difficulties remain and must be underlined. First, the task of proper identification of the involved characteristic length is of the utmost importance and generally requires accurate strain field measurements that luckily become ubiquitous nowadays in mechanical labs. Second, the micromorphic extension of the classical model is an intrusive modification of the codes used in practice. It requires the introduction of additional degrees of freedom and complementing constitutive laws. Even though implementations in the commercial softwares Zset (<http://www.zset-software.com/>) and Abaqus (<https://www.3ds.com/fr/produits-et-services/simulia/produits/abaqus/>) were illustrated, work remains to be done to make such extensions systematic and readily accessible for various classes of constitutive behaviour.

### Acknowledgements

The authors thank their coworkers and PhD students whose contributions have been presented in this article with due reference to corresponding published works. Also the financial support of the French ANR (project Micromorfing) is gratefully acknowledged.

### References

- [1] Altenbach, H. and Maugin, G. A. and Erofeev, V., *Mechanics of Generalized Continua*, Advanced Structured Materials vol. 7, Springer, 2011.
- [2] Maugin, G. A. *Non-Classical Continuum Mechanics - A Dictionary*, Springer Singapore, 2017.
- [3] Reiher, J.C. & Bertram, A. Finite third-order gradient elasticity and thermoelasticity, *Journal of Elasticity* 133, 223-252, 2018.
- [4] T. Leismann, R. Mahnken, Comparison of hyperelastic micromorphic, micropolar and microstrain continua, *International Journal of Non-Linear Mechanics* 77, 115-127, 2015.
- [5] Broese, C, Tsakmakis, C, and Beskos, D. Mindlin's micro-structural and gradient elasticity theories and their thermodynamics. *J. Elasticity* 125, 87-132, 2016.
- [6] Neff, P., Ghiba, ID., Madeo, A., Placidi, L. & Rosi, G. A unifying perspective: the relaxed linear micromorphic continuum, *Continuum Mech. Thermodyn.* (2014) 26: 639.
- [7] G. Hütter, Homogenization of a Cauchy continuum towards a micromorphic continuum, *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*, 99, 394-408, 2017
- [8] S. Forest and R. Sievert, Elastoviscoplastic constitutive frameworks for generalized continua, *Acta Mechanica*, vol. 160, pp. 71-111, 2003.
- [9] Liebe, T., Menzel, A., and Steinmann, P. Theory and numerics of geometrically nonlinear gradient plasticity. *Int. J. Eng. Sci.*, 41, 1603-1629, 2003.
- [10] S. Forest, Micromorphic approach for gradient elasticity, viscoplasticity and damage, *ASCE Journal of Engineering Mechanics*, vol. 135, pp. 117-131, 2009.

- [11] S. Forest, Nonlinear regularization operators as derived from the micromorphic approach to gradient elasticity, viscoplasticity and damage, *Proc. R. Soc. A*, vol. 472, pp. 20150755, 2016.
- [12] R.H.J. Peerlings, L.H. Poh, M.G.D. Geers, An implicit gradient plasticity–damage theory for predicting size effects in hardening and softening, *Engineering Fracture Mechanics* 95, 2–12, 2012.
- [13] Dimitrijevic, B. J. and Hackl, K. A regularization framework for damage–plasticity models via gradient enhancement of the free energy. *Int. J. Numer. Meth. Biomed. Engng.*, 27: 1199–1210, 2011.
- [14] C. Miehe, A multi-field incremental variational framework for gradient-extended standard dissipative solids, *Journal of the Mechanics and Physics of Solids* 59, 898–923, 2011.
- [15] K. Saanouni, M. Hamed, Micromorphic approach for finite gradient-elastoplasticity fully coupled with ductile damage: Formulation and computational aspects, *International Journal of Solids and Structures* 50, 2289–2309, 2013
- [16] L. Anand, O. Aslan, S. A. Chester, A large-deformation gradient theory for elastic–plastic materials: Strain softening and regularization of shear bands, *International Journal of Plasticity*, 30–31, 116–143, 2012.
- [17] A. Marais, M. Mazière, S. Forest, A. Parrot and P. Le Delliou, Identification of a strain-aging model accounting for Lüders behavior in a C-Mn steel, *Philosophical Magazine*, vol. 28–30, pp. 3589–3617, 2012.
- [18] M. Mazière and S. Forest, Strain gradient plasticity modeling and finite element simulation of Lüders band formation and propagation, *Continuum Mechanics and Thermodynamics*, vol. 27, pp. 83–104, 2015.
- [19] Miehe C., Teichtmeister S. and Aldakheel F. Phase-field modelling of ductile fracture: a variational gradient-extended plasticity–damage theory and its micromorphic regularization, *Philosophical Transactions of the Royal Society A374*, 20150170, 2016.
- [20] Ostwald, R., Kuhl, E. & Menzel, A. On the implementation of finite deformation gradient-enhanced damage models, *Comput Mech* (2019).
- [21] T. Brepols, S. Wulfinghoff, S. Reese, Gradient-extended two-surface damage-plasticity: Micromorphic formulation and numerical aspects, *International Journal of Plasticity*, 97, 64–106, 2017.
- [22] F. Aldakheel. Micromorphic approach for gradient-extended thermo-elastic-plastic solids in the logarithmic strain space, *Continuum Mech. Thermodyn.* 29, 1207–1217, 2017.
- [23] V. Fohrmeister, A. Bartels, J. Mosler, Variational updates for thermomechanically coupled gradient-enhanced elastoplasticity – Implementation based on hyper-dual numbers, *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 339, 239–261, 2018.
- [24] W. Liu, K. Saanouni, S. Forest, P. Hu, The micromorphic approach to generalized heat equations, *Journal of Non-Equilibrium Thermodynamics*, 2017; 42(4):327–357
- [25] H. Badreddine, K. Saanouni, A. Dogui; On non-associative anisotropic finite plasticity fully coupled with isotropic ductile damage for metal forming, *International Journal of Plasticity*, 26, 2010, 1541–1575.
- [26] K. Saanouni, 'Damage Mechanics in metal forming. Advanced modeling and numerical simulation', ISTE/Wiley, London 2012, ISBN: 978-1-84821-3487
- [27] K. Zhang, H. Badreddine, K. Saanouni, Thermodynamically-consistent constitutive modeling of hardening asymmetry including isotropic ductile damage for Mg alloys, *European Journal of Mechanics/A Solids* 73 (2019) 169–180.
- [28] Diamantopoulou, E., Liu, W., Labergère, C., Badreddine, H., Saanouni, K., & Hu, P. Micromorphic constitutive equations with damage applied to metal forming. *International Journal of Damage Mechanics*, 26, 314–339, 2017.
- [29] M. Yue, C. Soyarslan, H. Badreddine, K. Saanouni, A. E. Tekkaya, Identification of fully coupled anisotropic plasticity and damage constitutive equations using a hybrid experimental-numerical methodology with various triaxialities. *International Journal of Damage Mechanics*. Vol. 24, pp. 683–710, 2015.



**Samuel Forest**, is CNRS Research Director at Centre des Matériaux Mines ParisTech and continuum mechanics professor at Mines ParisTech. He is working on the mechanics of materials focusing on crystal plasticity modeling and mechanics of generalized continua. He got the Bronze and Silver medals of CNRS INSIS and the Plumey prize of the Académie des Sciences. He published more than 150 papers in peer-reviewed international journals. He is associate editor of 2 international journals (*Int. J. Solids Structures* and *Phil. Mag.*) and member of the Editorial Board of *Arch. Applied Mech.*, *Technische Mech.* and *GAMM-Mitteilungen*. He has led during 10 years the CNRS Federation of Mechanics labs in the Paris Region, promoting cooperation between 14 mechanics labs in the Paris region. He became fellow of the Euromech Society in 2018.

See <http://matperso.mines-paristech.fr/People/samuel.forest/>



**Khemais Saanouni**, Doctorat d'état es Sciences from the University of Technology of Compiègne (France) in Solid and Structural Mechanics (1988), is currently a distinguished professor of applied and computational mechanics at the University of Technology of Troyes (France), where he founded and led for 20 years a research group working on advanced modelling in virtual metal forming. He is teaching the theoretical and computational nonlinear mechanics with application to metal forming by large inelastic strains with ductile damage. K. Saanouni is the author or co-author of more than 350 scientific publications and has supervised 35 PhD theses. He is Associate Editor of the *International Journal of Damage Mechanics (IJDM)* and member of editorial board of the *International Journal of Material Forming (IJFO)*. He was also member of organizing committees for more than 40 scientific events. He is member of the steering committee of the NUMIFORM conferences series as well as the ICDM conferences series. He is author of one academic book entitled "Damage mechanics in metal forming. Advanced Modeling and Numerical Simulation", ISTE/Wiley, 2012, ISBN: 978-1-84821-348-7.

# ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

BY MARTIN GENZEL AND GITTA KUTYNIOK

We are currently witnessing an unprecedented success of *artificial neural networks* in both public life and various areas of sciences. Within a very few years, neural-network-based algorithms have mastered practical tasks which until recently were considered to be very difficult for machines, thereby fundamentally changing our way of thinking about artificial intelligence: Nowadays, self-driving cars are controlled by algorithms based on neural networks [1]. At the same time, similar methods can beat the world top players not only at chess, but also at the much more complex game of Go [2]; and even more impressive, the recent AlphaZero computer program is able to train itself from scratch, reaching a superhuman level of play just within 24 hours [3]. In the public sector, neural network methodologies are just starting to revolutionize the healthcare industry: for instance, they show a great potential to classify types of skin cancer [4]; and meanwhile, the U.S. Food and Drug Administration (FDA) has already approved the marketing of the first medical device for detecting diabetic retinopathy which is based on artificial intelligence [5]. But also beyond medical sciences, these technologies are affecting every single one of us, for example, when using a voice assistant on our smartphone or an online translator. These are only very few applications from a long list, and without doubt, it is still growing at a stunning speed. Finally, even when it comes to (classical) mathematical problems, many ideas from neural network theory proved very useful, such as in solving partial differential equations or ill-posed inverse problems, oftentimes forming the current state-of-the-art methods.

With regard to these very recent success stories, it may come as a surprise that artificial neural networks are by far not a new invention. In fact, they have undergone many fluctuations in popularity during the last decades, dating back to original work by McCulloch and Pitts in 1943 [6]. At that time, a key goal was to develop learning algorithms by mimicking the human brain – which can be seen a *real* neural network – ultimately aiming at a foundation of (artificial) intelligence. The “failure” of this approach can be particularly attributed to a lack of computational power in those days as well as a very limited amount of data sets available for training. Today, however, the data deluge and tremendously increased hardware power have largely eliminated these limitations, which has led to an impressive comeback of neural networks in the 2010’s. With modern hardware technology, it is now possible to train *deep* neural networks of more than hundreds of layers and millions of neurons.

Nevertheless, most of the related research is still empirically driven and a sound theoretical foundation is almost completely missing. This was most prominently noted by Ali Rahimi, a researcher in artificial intelligence at Google, who claimed that machine learning algorithms which are based

on trial-and-error engineering have become a form of “alchemy” [7]. In fact, the theoretical understanding of this field is still years behind empirical progress, and especially in view of many critical applications (some of which are mentioned above), a lot of fundamental research needs to be done in this direction. Not least because of this, a rapidly growing number of researchers from various areas of mathematics, such as approximation theory, optimization, and statistics, devote themselves to contribute to the development of a theory for artificial neural networks.

The purpose of this article is to provide an introduction to artificial neural networks and how they can be used to solve real-world (learning) problems. Beyond that, we will outline several aspects of a theoretical foundation – rather leading to open questions than answers – as well as recent applications to inverse problems and partial differential equations.

## What Are Neural Networks?

To stand on more solid ground, let us begin with a formal definition of artificial neural networks. In its vanilla form, a neural network can be regarded as a highly structured function  $\Phi: \mathbb{R}^d \rightarrow \mathbb{R}^{N_L}$  that arises from a cascade of simpler functions, taking the form

$$\Phi(x) = T_L \circ \rho \circ T_{L-1} \circ \rho \circ T_{L-2} \circ \dots \circ \rho \circ T_1(x).$$

Here, each function  $T_l: \mathbb{R}^{N_{l-1}} \rightarrow \mathbb{R}^{N_l}$ ,  $l=1, \dots, L$  (with  $N_0 := d$ ) is assumed to be affine linear, i.e.,  $T_l(x) = A_l x + b_l$  for some *weight matrix*  $A_l \in \mathbb{R}^{N_l \times N_{l-1}}$  and *bias vector*  $b_l \in \mathbb{R}^{N_l}$ , while  $\rho: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$  is a non-linear *activation function*, which is applied entry-wise. In order to indicate that this definition strongly depends the parameter set  $\theta = (A_l, b_l)_{l=1}^L$ , we may also write  $\Phi_\theta$  instead of  $\Phi$ . Let us also point out that the total number  $L$  of composition steps corresponds to the number of *layers* of the network. More specifically, the last layer is called the *output layer*, while all preceding layers are referred to as *hidden layers*, which are  $L-1$  many in our case; note that the very first layer is sometimes also called the *input layer*. The specific architecture of a neural network can be easily depicted as a graph, where the nodes – usually called *neurons* – visualize the individual variables in each layer and the edges indicate which variables of the current layer contribute to those in the next layer (the non-zero entries of the weight matrices  $A_l$ ); see Figure 1 for a visualization. Finally, let us note that there exist many more variants of neural networks used in practice, refining and extending the standard definition presented here; popular examples are *convolutional neural networks (CNNs)*, *long short-term memory (LSTM)*, or *generative adversarial networks (GANs)*; see [8] for further reading.

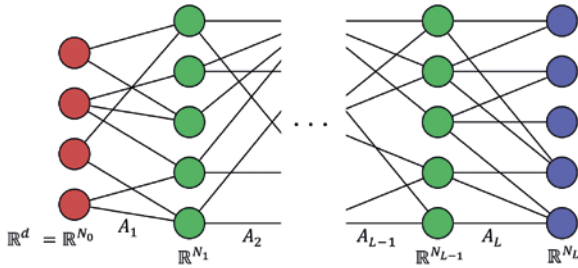


Fig. 1: Visualization of an artificial neural network as a graph. The nodes correspond to the neurons ( $N_l$ -many in the  $l$ -th layer), while the edges indicate which neurons are connected between the different layers (specified by the weight matrices  $A_l$ ).

## How Are Neural Networks Trained?

Let us now turn to the question of how neural networks may be used to solve practical learning tasks. Broadly speaking (and not exclusively restricting to neural networks), the formal basis of a *supervised learning problem* is a sampling process that arises from a random pair  $(X, Y)$  in  $\mathbb{R}^d \times \mathbb{R}$ ; here, the random vector  $X$  represents the *input data*, while  $Y$  is an *output variable* which one would like to *predict* from  $X$ . In other words, we are interested in a reliable prediction of  $Y$  based on knowledge of  $X$ . Mathematically, this simply corresponds to finding the conditional expectation  $\mathbb{E}(Y|X)$  or at least a (deterministic) prediction function  $f: \mathbb{R}^d \rightarrow \mathbb{R}$  that approximates  $\mathbb{E}(Y|X)$  sufficiently well. A prototypical scenario would be an image classification task, where  $X$  models real-world image data and  $Y$  corresponds to a (discrete) label  $\{1, \dots, K\} \subset \mathbb{R}$ , providing semantic information about the image, e.g., if it contains a cat or a dog. In practice, however, the joint probability distribution of  $(X, Y)$  is unknown, and neither  $\mathbb{E}(Y|X)$  nor  $f$  are directly accessible. Instead, one is only given a finite set of (independent) samples  $D = (x_i, y_i)_{i=1}^m$  from  $(X, Y)$ , usually referred to as the *training data*. This restriction gives rise to a central question in learning theory: How to estimate the underlying prediction function  $f$  only on the basis of a training data set?

Perhaps the most common approach to tackle this fundamental challenge is based on *empirical risk minimization*. In the special case of neural networks, an empirical risk minimization problem typically looks as follows:

$$\min_{\theta} \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (y_i - \Phi_{\theta}(x_i))^2 + \lambda R(\theta), \quad (1)$$

where the optimization variables  $\theta = (A_l, b_l)_{l=1}^L$  are the parameters of the neural network  $\Phi_{\theta}: \mathbb{R}^d \rightarrow \mathbb{R}$  (using the notation introduced above). Thus, the optimization in (1) takes place over all possible parameter configurations of the neural network  $\Phi_{\theta}$ ; in learning theory, this set of all candidate solution functions is called the *hypothesis space*. Apart from that,  $R$  plays the role of a scalar regularization function, imposing a certain penalty on (undesirable) parameter configurations. Intuitively speaking, a minimizer  $\hat{\theta}$  of (1) yields a neural network  $\Phi_{\hat{\theta}}$  which fits the training data as well as possible, in the sense that the mean-squared error between  $(\Phi_{\hat{\theta}}(x_i))_{i=1}^m$  and  $(y_i)_{i=1}^m$  is minimized. However, the actual hope is that  $\Phi_{\hat{\theta}}$  *gene-*

*ralizes* well, i.e.,  $\Phi_{\hat{\theta}}(x)$  does also accurately predict the output  $y$  of an unseen *test sample*  $(x, y)$ , or more formally, the *expected risk*  $\mathbb{E}(Y - \Phi_{\hat{\theta}}(X))^2$  gets sufficiently small. In this case,  $\Phi_{\hat{\theta}}$  would serve indeed as a good surrogate of the unknown prediction function  $f$ , allowing us to perform reliable statistical inference.

Although the concept of empirical risk minimization may appear surprisingly simple, it in fact requires solving a highly challenging optimization problem in general. Let us point out some of the key difficulties that typically arise during the training process of a neural network:

**The architecture.** A crucial step before optimization is to specify the size of the parameter space: How many layers  $L$  should be permitted and how large to choose the widths  $N_1, \dots, N_L$  of the individual layers? Should one make use of *weight sharing*, i.e., putting further restrictions on the weight matrices, such as *convolutional filters*? Although there are no ultimate answers to these questions, a striking phenomenon is that networks are often successfully trained in a highly *over-parameterized regime*, i.e., there are much more free parameters than samples. Finally, an appropriate activation function needs to be selected as well. Perhaps the most popular choice in modern network architectures is the *ReLU (rectified linear unit)*,  $\rho(t) := \max(0, t)$  for  $t \in \mathbb{R}$ ; and although non-differentiable, this activation function proved surprisingly efficient for the training process.

**Non-convexity.** The hypothesis space generated by neural networks is a highly non-convex set in general, which turns (1) into a difficult non-convex optimization problem, mostly with a non-differentiable objective function. The most common solver in practice is *stochastic gradient descent*. A key characteristic of this algorithmic method is that, in each update for  $\theta$ , a small subset of samples – called a *mini-batch* – is randomly selected and the gradient computation is only performed on this mini-batch instead of the entire sample set. This strategy is much more memory-efficient than standard gradient descent methods, which are mostly intractable for huge training sets. Noteworthy, the gradient can be very efficiently computed by *backpropagation* for neural networks, which relies on a layer-wise application of the ordinary chain rule.

**Initialization & Regularization.** Committing on stochastic gradient descent comes along with a series of algorithmic issues: How to initialize correctly? How to select the step size (the learning rate) and what is a good choice of the batch size? Should one use additional regularization? All these questions are delicate, and similar to the choice of architecture, there are no universal strategies yet. Common wisdom at least suggests that random initializations may lead to a desirable convergence behavior. Moreover, several types of (explicit or implicit) regularization are popular, such as *drop-out*, *early stopping*, or *weight decay* (i.e.,  $R$  corresponds to an  $\ell_2$ -penalty in (1)). Nevertheless, successful training of neural networks often requires a particular expertise and involves a significant amount of hyperparameter tuning.

In view of all these difficulties, it is an even more astonishing fact that statistical learning with neural networks still works so well in practice. At the latest, since the triumph

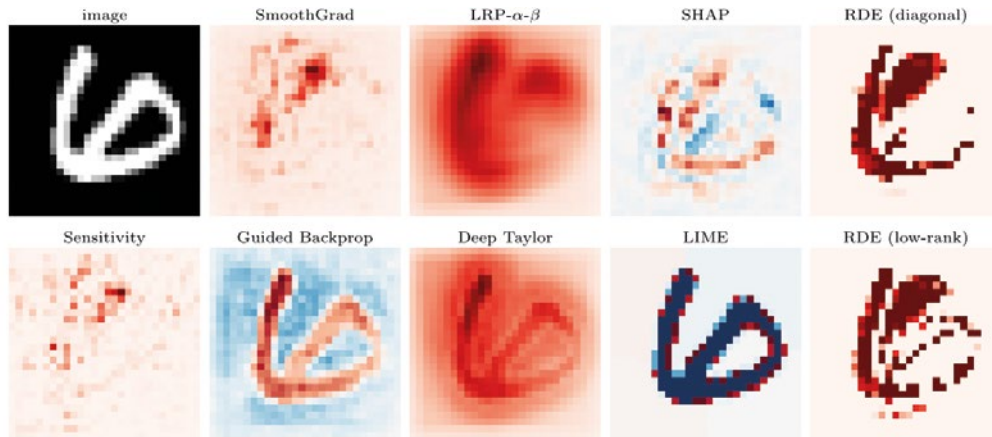


Fig. 2: This figure shows relevance scores for a handwritten digit from the MNIST dataset generated by several explanation methods, visualized as so-called heat maps. Some of these methods focus entirely on “positively” relevant features that speak for the classifier decision (shown in red): Sensitivity Analysis [19], Deep Taylor Decompositions [20], SmoothGrad [21], and Rate Distortion Explanations [22]. The other methods also highlight “negatively” relevant features speaking against the decision (shown in blue): Layer-wise Relevance Propagation [23], Guided Backprop [24], LIME [25], and SHAP [26].

of AlexNet in 2012 [9] – winning the popular ImageNet contest with a CNN-based approach –, people began to realize that especially the ability to train deep networks is a “game-changer” to many problems in machine learning, and far beyond. This fundamental insight can be seen as the birth of *deep learning*, which nowadays influences so many areas in computer science, statistics, and applied mathematics. For further reading, a concise overview on the successes of deep learning can be found in [10] and a comprehensive introduction to this field in [8].

### The Many Mysteries of Deep Learning

Regardless of the outstanding empirical achievements of deep learning, its theoretical foundation remains widely open. In fact, many phenomena observed in practice are by far not explainable by traditional learning theory, so that trained neural networks often operate as black boxes. It is fair to say that a rigorous understanding of neural network theory is still in its infancy, while most available theoretical results do only address very specific aspects of the learning process or rely on unrealistic assumptions. But perhaps it is precisely this lack of theory which has made deep learning so attractive to many scientists and which has led to a whole new field of research, commonly known as the *mathematics of deep learning*. The literature devoted to the theoretical analysis of deep learning has become extensive by now, going far beyond what can be surveyed here. In the context of this article, we wish to point out some of the most important research questions towards a more profound understanding of artificial neural networks and deep learning. Let us emphasize that it is not necessarily fruitful to consider the following three subjects as independent disciplines; the key difficulty is rather to investigate them within a common mathematical framework and thereby to examine their mutual interplay.

**Expressivity & Approximation.** One of the fundamental pillars of a learning problem is the *expressive power* of the hypothesis space. Focusing on the setup of neural networks from the previous section, this may be reduced to the following question: How well can one approximate the unknown prediction function  $f$  by a neural network  $\Phi_\theta$  of fixed architecture, e.g., when the depth  $L$  and width parameters  $N_1, \dots, N_L$  are fixed? This research branch is in fact one of the oldest in neural network theory and probably the furthest developed one. Classical results dating back to the 1980’s [11] [12] [13] promote so-called *universal approximation theorems*, which essentially state that every continuous function on a compact domain can be arbitrarily well-approximated by a neural network with one hidden layer. Driven by the success of deeper networks, more recent approaches concern the benefit of depth

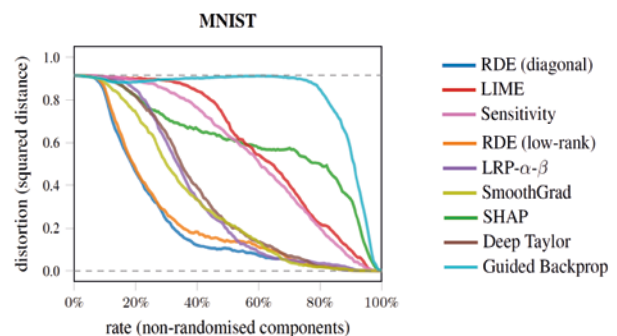


Fig. 3: A quantitative assessment of the approaches visualized in Fig. 2 can be done by a relevance-ordering-based test: going from right to left on the horizontal axis, more and more pixels of the ground truth image are randomized in an order specified by the respective relevance score (from less to more relevant pixels). The vertical axis corresponds to the mean squared error between the classifier output of the ground truth and randomized image. A steep descent of the resulting curve indicates that particularly relevant pixels were identified correctly.

when approximating complicated functions, e.g., see [14] [15] and the references therein. However, most available results do only provide *uniform* approximation guarantees for “generic” function classes which contain “worst-case” functions with much worse approximation properties than the “true” predictor  $f$ . Hence, we believe that there is still no satisfactory answer to the following fundamental issues in approximation theory: How to model a “realistic” prediction function  $f$  tailored to a specific learning task, and how well can it be approximated by a neural network? Furthermore, what role is played by the domain of  $f$ , which may not be the full  $\mathbb{R}^d$  but rather samples from the input vector  $X$ ?

**Optimization & Generalization.** As already indicated in the course of the empirical risk minimization problem in (1), the “holy grail” of deep learning is the *generalization performance* of trained neural networks, i.e., their ability to correctly predict the output of unseen (test) samples. This fundamental feature is inevitably connected to the underlying optimization task, which is highly non-convex in our case. Indeed, in stark contrast to convex optimization, (1) does not have a unique global minimizer in general, and instead there might be (infinitely) many solutions and spurious local minima. Hence, a key issue is not only whether stochastic gradient descent converges to any global minimizer, but much more importantly, why it yields a minimizer that generalizes well; in other words: what is so special about the method of stochastic gradient descent and why can it learn effective representations of the underlying prediction problem? Another remarkable fact is that this approach often works particularly well in an over-parameterized regime, meaning that there are (much) fewer training samples than free parameters. While this typically leads to a very small training error, it is not clear why stochastic gradient descent often does not suffer from *overfitting* and the generalization error remains moderate. Does a certain type of implicit regularization happen? And to what extent does the initialization help us to operate on a well-behaved part of the optimization

landscape? There already exist various attempts to demystify these phenomena, but a complete theory still seems out of reach with currently available tools. We refer the interested reader to the overview paper [16], which may serve as a good starting point for a more comprehensive study of recent advances in this direction.

**Interpretability & Safety.** While the previously mentioned topics are central parts of traditional statistical learning theory, we now take a different and somewhat more applied perspective: Although practitioners may appreciate theoretical guarantees clarifying the training process, they are usually more interested in assessing the quality and reliability of a *ready-to-use* neural network. Indeed, compared to simple learning architectures such as linear models or decision trees, the “semantic” reasoning of highly non-linear and parameter-rich neural network models is often inaccessible. For example, imagine that a neural network is supposed to assist a brain surgery, recommending which parts of the brain to intervene. Clearly, a surgeon would like to understand the reasoning of the network and how certain it is about its decision. Ideally, such an explanation should be indistinguishable from a human explanation. A first step towards understanding the internal operation of networks would be to specify those variables of the input domain – often called *input features* – that contribute the most to a (classification) decision. In the last years, various methods have been developed that aim to assign relevance scores to input features. Most of them are based on the idea of propagating decisions backwards through the network, similarly to the gradient computation via backpropagation; see Figure 2 and Figure 3 for an illustration of some recent findings. Besides the wish for interpretability, it is also of great importance to investigate the robustness of a network against noisy and corrupted inputs. This topic is closely related to so-called *adversarial examples* [17], which have gained increasing attention in the literature; see Figure 4. However, let us emphasize that most of these observations are of purely empirical nature, whereas a theoretic foundation still amounts to very few

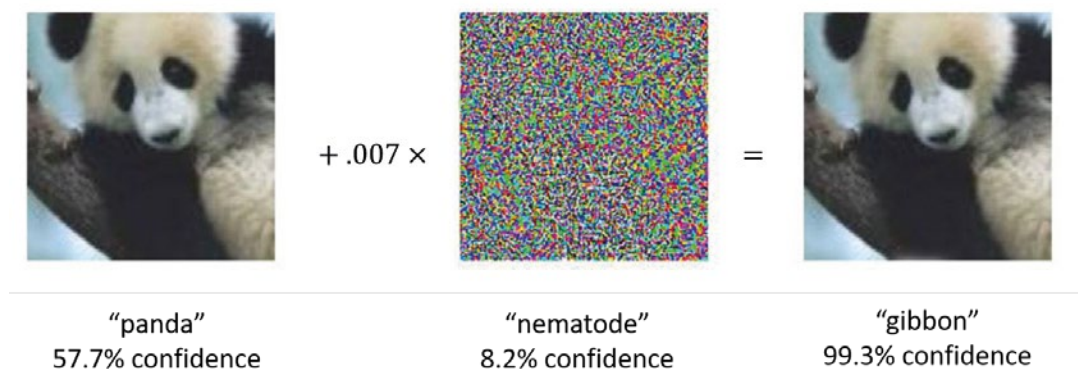


Fig. 4: A typical adversarial example. Trained neural network can be often fooled in such a way that very small corruptions of the input data (adversarial noise) lead to dramatically different outputs; figure taken from [27].

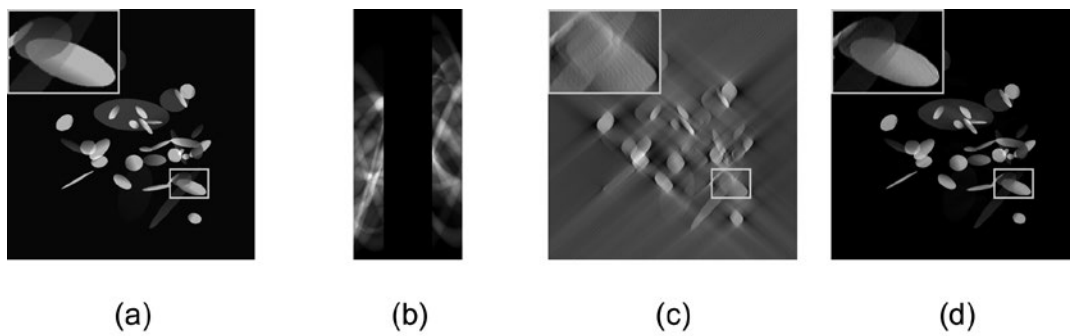


Fig. 5: The inverse problem of limited-angle computed tomography. (a) Ground truth image signal. (b) Noisy Radon transform (sinogram) of the image signal with missing angular measurements. (c) Traditional inversion by filtered back projection. (d) Inversion by “Learning the Invisible” [34].

attempts, e.g., see [18] for recent results on the computational complexity of finding relevance scores.

### Neural Networks for Mathematical Problems

The impressive gains of neural networks in machine learning have inspired researchers to seek for applications beyond tasks in computer science. In this course, the benefits of deep learning have recently also led to exciting progress in many areas of applied mathematics. Generally speaking, it has turned out that the performance of traditional methods often can increase substantially when combined with data-driven components that were learned from training samples. In a certain sense, this approach takes the “best out of both worlds”, as it allows us to face those parts of mathematical problems in which model-based methods would only yield poor outcomes or are not available at all. However, it is worth pointing out that the usage of (deep-)learning-based methods does not simply come for free: As stressed earlier in this article, the training process requires utmost care and its success usually demands huge training data sets, which are not always available in practice. On the other hand, mastering these difficulties promises outstanding results, oftentimes achieving the current state-of-the-art. Let us now showcase the benefits of neural networks in the context of two classical problem settings in mathematics.

**Neural Networks for Inverse Problems.** The field of *inverse problems*, in particular, the subdomain of imaging sciences is generally enthusiastic about leveraging the advances of machine learning technologies, in particular, deep learning. Given an inverse problem  $f=Kg$  with forward operator  $K$ , a very straightforward application of neural networks is to generate training data of the form  $(Kg_i, g_i)_{i=1}^m$  and then to let a neural network learn an inversion process for  $K$ , e.g., see [28]. However, it turned out that, in order to obtain superior results, a crucial step is to pair the learning procedure with model-based knowledge. In [29] and [30], for instance, a neural network is trained on training data of the form  $(FKg_i, g_i)_{i=1}^m$  where  $F$  corresponds to a model-based inversion operator, such as *filtered back projection*. A more sophisticated approach to ill-posed inverse problems builds upon the

fundamental insight that regularization can be achieved by denoising; this conception is commonly known as *plug-and-play priors* [31], which are also very amenable to neural networks as denoiser [32]. Yet another popular direction is learning iterative schemes, which aim to combine the mathematical structure of variational methods with neural network architectures, e.g., see [33].

Let us now take a closer look at the problem of *limited-angle computed tomography*, which gives a more precise idea of how model- and data-driven methods may be combined in a controllable manner. In simple words, the inverse problem of computed tomography requires an inversion of the *Radon transform*, which computes line integrals of an image signal; see Figure 5: (a) + (b). This measurement process becomes heavily ill-posed if, for instance, only a limited range of angular line orientations is accessible, such as it is the case in electron tomography. In this situation, traditional inversion methods typically suffer from substantial artifacts; see Figure 5: (c). Fortunately, it is theoretically well understood which singularities (in the sense of wavefront sets) can be stably reconstructed and which cannot, allowing us to speak of *visible* and *invisible* singularities, respectively. The recent work [34] leverages this insightful observation: in a first model-based step, a sophisticated sparse regularization is employed, which is based on a (directionally sensitive) shearlet system [35] and thereby enables a separation into the “visible” and unknown “invisible” components; in a second data-driven step, a deep neural network is trained to fill in the missing part of the data, without affecting the already reconstructed visible part. This procedure, referred to as “Learning the Invisible”, offers a clear interpretation of the neural network’s task in limited-angle computed tomography and shows unprecedented reconstruction quality compared to classical methods; see Figure 5: (d).

**Neural Networks for Partial Differential Equations.** Interestingly, a first and very common approach for solving *partial differential equations (PDEs)* with neural networks actually dates back to 1998 [36], suggesting a numerical approximation of the solution function  $u$  of a PDE  $\mathcal{L}(u)=f$  by a neural network; more precisely, one aims at finding



a neural network  $\Phi$  such that  $\mathcal{L}(\Phi) \approx f$ , rather than working within a classical function space. A much more recent and important observation was that such a strategy can be even implemented with neural networks whose size does *not* scale exponentially with the underlying dimension, e.g., see [37].

Another very promising research direction concerns *parametric PDEs*, which are encountered in many different areas of science and engineering, such as in complex design problems, optimization tasks, or uncertainty quantification. The key assumption here is that there exists a certain *parametric map*  $y \mapsto u_y$ , assigning a parameter vector  $y \in \mathcal{Y} \subset \mathbb{R}^p$  to the solution function  $u_y$  of a parametric PDE of the form  $\mathcal{L}(u_y, y) = f_y$ . In practice, this typically involves multiple evaluations of the parametric map, which can be a tremendous computational burden, especially when the dimension of the parameter space  $\mathcal{Y} \subset \mathbb{R}^p$  is high. Most classical approaches rely on model order reduction methods such as the reduced basis method. With the advent of deep learning, a new exciting line of research has emerged, attempting to mimic the parametric map by a neural network and thereby allowing for a significantly faster computation of the solution for a given parameter vector  $y$ ; see [38] [39] [40] [41] [42] [43]. Besides very promising numerical results, first theoretical guarantees have been established as well, verifying that the replacement of the parametric map by a neural network can indeed overcome the curse of dimensionality [44] [45].

## The Future of Neural Networks in the Sciences

Only on the basis of the aforementioned successes in inverse problems and PDEs, it is conceivable that machine learning techniques, and especially deep learning, will lead to a paradigm shift in the mathematical sciences. Already today, about 80% of the talks at imaging science conferences discuss novel approaches involving neural networks in one or the other way. As pointed out before, particularly good outcomes can be expected from a careful combination of model- and learning-based methods, oftentimes establishing the state-of-the-art within their domain. Nevertheless, several major challenges need to be addressed before such a methodology will enjoy a similar reliance as conventional mathematical approaches, based on modeling, simulation, and optimization. First and foremost, the development of a comprehensive theoretical foundation needs to be accelerated, which is an inevitable step towards “whitening” the black box of deep learning. Not less important and of great practical relevance is a more profound quality assessment of training data, as these form the basis of a resultant neural network and its functionality. In this context, it is also crucial to bear in mind that, in most cases, the training data is strongly tailored to a specific application, and therefore requires a certain expertise and sensible treatment. This fact turns the mathematics of deep learning into a highly interdisciplinary field, inviting many other scientific areas and researchers to contribute as well.

## References

- [1] B. T. Nugraha, S.-F. Su and Fahmizal, "Towards self-driving car using convolutional neural network and road lane detector," in 2nd International Conference on Automation, Cognitive Science, Optics, Micro Electro-Mechanical System, and Information Technology (ICACOMIT), 2017.
- [2] D. Silver, A. Huang, C. J. Maddison and others, "Mastering the game of Go with deep neural networks and tree search," *Nature*, vol. 526, pp. 484-489, 2016.
- [3] D. Silver, T. Hubert, J. Schrittwieser and others, "A general reinforcement learning algorithm that masters chess, shogi, and Go through self-play," *Science*, vol. 362, no. 6419, pp. 1140-1144, 2018.
- [4] A. Esteva, B. Kuprel, R. A. Novoa, J. Ko, S. M. Swetter, H. M. Blau and S. Thrun, "Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks," *Nature*, vol. 542, pp. 115-118, 2017.
- [5] "FDA permits marketing of artificial intelligence-based device to detect certain diabetes-related eye problems," U.S. Food and Drug Administration, 11 April 2018. [Online]. Available: <https://www.fda.gov/news-events/press-announcements/fda-permits-marketing-artificial-intelligence-based-device-detect-certain-diabetes-related-eye>.
- [6] W. S. McCulloch and W. Pitts, "A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity," *Bull. Math. Biophys.*, vol. 5, no. 4, pp. 115-133, 1943.
- [7] A. Rahimi and B. Recht, "Reflections on Random Kitchen Sinks," 5 December 2017. [Online]. Available: <http://www.argmin.net/2017/12/05/kitchen-sinks/>.
- [8] A. Courville, I. Goodfellow and Y. Bengio, *Deep Learning*, MIT Press, 2016.
- [9] A. Krizhevsky, I. Sutskever and G. E. Hinton, "ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks," in *Advances in Neural Information Processing Systems 25 (NIPS 2012)*, 2012.
- [10] Y. LeCun, Y. Bengio and G. Hinton, "Deep Learning," *Nature*, vol. 521, pp. 436-444, 2015.
- [11] K.-I. Funahashi, "On the approximate realization of continuous mappings by neural networks," *Neural Netw.*, vol. 2, no. 3, pp. 183-192, 1989.
- [12] K. Hornik, M. Stinchcombe and H. White, "Multilayer feedforward networks are universal approximators," *Neural Netw.*, vol. 2, no. 5, pp. 359-366, 1989.
- [13] G. Cybenko, "Approximation by superpositions of a sigmoidal function," *Math. Control Signals Syst.*, vol. 2, no. 4, pp. 303-314, 1989.
- [14] H. Bölcskei, P. Grohs, G. Kutyniok and P. Petersen, "Optimal Approximation with Sparsely Connected Deep Neural Networks," *SIAM J. Math. Data Sci.*, vol. 1, no. 1, pp. 8-45, 2019.
- [15] T. Poggio, H. Mhaskar, L. Rosasco, B. Miranda and Q. Liao, "Why and when can deep-but not shallow-networks avoid the curse of dimensionality: A review," *Int. J. Autom. Comput.*, vol. 14, no. 5, pp. 503-519, 2017.
- [16] J. Fan, C. Ma and Y. Zhong, "A Selective Overview of Deep Learning," arXiv preprint:1904.05526, 2019.
- [17] C. Szegedy, W. Zaremba, I. Sutskever, J. Bruna, D. Erhan, I. Goodfellow and R. Fergus, "Intriguing properties of neural networks," arXiv preprint:1312.6199, 2013.
- [18] S. Wäldchen, J. Macdonald, S. Hauch and G. Kutyniok, "The Computational Complexity of Understanding Network Decisions," arXiv preprint:1905.09163, 2019.
- [19] K. Simonyan, A. Vedaldi and A. Zisserman, "Deep Inside Convolutional Networks: Visualising Image Classification Models and Saliency Maps," arXiv preprint:1312.6034, 2013.
- [20] G. Montavon, W. Samek and K.-R. Müller, "Methods for interpreting and understanding deep neural networks," *Digit. Signal Process.*, vol. 73, pp. 1-15, 2018.
- [21] D. Smilkov, N. Thorat, B. Kim, F. Viégas and M. Wattenberg, "SmoothGrad: removing noise by adding noise," arXiv preprint:1706.03825, 2017.
- [22] J. Macdonald, S. Wäldchen, S. Hauch and G. Kutyniok, "A Rate-Distortion Framework for Explaining Neural Network Decisions," arXiv preprint:1905.11092, 2019.
- [23] S. Bach, A. Binder, G. Montavon, F. Klauschen, K.-R. Müller and W. Samek, "On Pixel-Wise Explanations for Non-Linear Classifier Decisions by Layer-Wise Relevance Propagation," *Plos ONE*, vol. 10, no. 7, p. e0130140, 2015.

- [24] J. T. Springenberg, A. Dosovitskiy, T. Brox and M. Riedmiller, Striving for Simplicity: The All Convolutional Net, arXiv preprint:1412.6806, 2014.
- [25] M. T. Ribeiro, S. Singh and C. Guestrin, "Why Should I Trust You?: Explaining the Predictions of Any Classifier," in Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, 2016.
- [26] S. M. Lundberg and S.-I. Lee, "A Unified Approach to Interpreting Model Predictions," in Advances in Neural Information Processing Systems 30, 2017.
- [27] L. Borrows, "Noise warfare," 16 February 2018. [Online]. Available: <https://www.seas.harvard.edu/news/2018/02/noise-warfare>.
- [28] P. Paschalis, N. D. Giokaris, A. Karabarounis, G. K. Loudos, D. Maintas, C. N. Papanicolas, V. Spanoudaki, C. Tsoumpas and E. Stiliaris, "Tomographic image reconstruction using Artificial Neural Network," Nucl. Instrum. Methods Phys. Res., vol. 527, no. 1-2, pp. 211-215, 2004.
- [29] E. Kang, J. Min and J. C. Ye, "A deep convolutional neural network using directional wavelets for low-dose X-ray CT reconstruction," Med. Phys., vol. 44, no. 10, pp. 360-375, 2017.
- [30] K. H. Jin, M. T. McCann, E. Froustey and M. Unser, "Deep convolutional neural network for inverse problems in imaging," IEEE Trans. Image Process., vol. 26, no. 9, pp. 4509-4522, 2017.
- [31] S. V. Venkatakrishnan, C. A. Bouman and B. Wohlberg, "Plug-and-play priors for model based reconstruction," in IEEE Global Conference on Signal and Information Processing (GlobalSIP 2013), 2013.
- [32] T. Meinhardt, M. Moeller, C. Hazirbas and D. Cremers, "Learning proximal operators: Using denoising networks for regularizing inverse imaging problems," in IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV 2017), 2017.
- [33] J. Adler and O. Öktem, "Learned primal-dual reconstruction," IEEE Trans. Medical Imaging, vol. 37, no. 6, pp. 1322-1332, 2018.
- [34] T. A. Bubba, G. Kutyniok, M. Lassas, M. März, W. Samek, S. Siltanen and V. Srinivasan, "Learning the invisible: A hybrid deep learning-shearlet framework for limited angle computed tomography," Inverse Probl., vol. 35, no. 6, p. 064002, 2019.
- [35] G. Kutyniok and D. Labate, Shearlets: Multiscale Analysis for Multivariate Data, Springer, 2012.
- [36] I. Lagaris, A. Likas and D. Fotiadis, "Artificial neural networks for solving ordinary and partial differential equations," IEEE Trans. Neural Netw., vol. 9, no. 5, pp. 987-1000, 1998.
- [37] W. E. J. Han and A. Jentzen, "Deep Learning-Based Numerical Methods for High-Dimensional Parabolic Partial Differential Equations and Backward Stochastic Differential Equations," Commun. Math. Stat., vol. 5, no. 4, pp. 349-380, 2017.
- [38] Y. Khoo, J. Lu and L. Ying, Solving parametric PDE problems with artificial neural networks, arXiv preprint:1707.03351, 2017.
- [39] J. S. Hesthaven and S. Ubbiali, "Non-intrusive reduced order modeling of nonlinear problems using neural networks," J. Comput. Phys., vol. 363, pp. 55-78, 2018.
- [40] K. Lee and K. Carlberg, Model reduction of dynamical systems on nonlinear manifolds using deep convolutional autoencoders, arXiv preprint:1812.08373, 2019.
- [41] Y. Yang and P. Perdikaris, Physics-informed deep generative models, arXiv preprint:1812.03511, 2018.
- [42] M. Raissi, "Deep Hidden Physics Models: Deep Learning of Nonlinear Partial Differential Equations," J. Mach. Learn. Res., vol. 19, pp. 1-24, 2018.
- [43] N. D. Santo, S. Deparis and L. Pegolotti, Data driven approximation of parametrized PDEs by Reduced Basis and Neural Networks, arXiv preprint:1904.01514, 2019.
- [44] G. Kutyniok, P. Petersen, M. Rasmussen and R. Schneider, A Theoretical Analysis of Deep Neural Networks and Parametric PDEs, arXiv preprint:1904.00377, 2019.
- [45] C. Schwab and J. Zech, "Deep learning in high dimension: Neural network expression rates for generalized polynomial chaos expansions in UQ," Anal. Appl., vol. 17, no. 1, pp. 19-55, 2019.



**Gitta Kutyniok**, Prof. Dr. rer. nat., has an Einstein Chair in the Institute of Mathematics at Technische Universität Berlin and is the head of the Applied Functional Analysis Group. She also has a courtesy appointment in the Department of Electrical Engineering and Computer Science at TU Berlin and holds an Adjunct Professor Position in Machine Learning in the Faculty of Science and Technology, Department of Physics and Technology at the University of Tromsø. She is Executive and Scientific Director of the Berlin International Graduate School in Model and Simulation based Research (BIMoS), spokesperson of the DFG Research Training Group on Differential Equation- and Data-driven Models in Life Sciences and Fluid Dynamics (DAEDALUS), founder and chair of two GAMM Activity Groups (Mathematical Signal- and Image Processing and Computational and Mathematical Methods in Data Science), chair of the MATH+ Activity Group on Mathematics of Data Science, and chair of the SIAM Activity Group on Imaging Science. Her research was recognized by, for example, a Heisenberg-Fellowship and the von Kaven Prize of the DFG, a membership in the Berlin-Brandenburg Academy of Sciences and Humanities (BBAW), and being elected as SIAM Fellow.



**Martin Genzel**, Dr. rer. nat., is a Postdoc at the Institute of Mathematics at Technische Universität Berlin. There, he is based at the Applied Functional Analysis Group under the direction of Prof. Dr. Gitta Kutyniok, who also supervised his PhD, which he finished in March 2019. His research is focusing on topics at the interface of applied mathematics, signal processing, and machine learning, in particular, inverse problems, compressed sensing, high-dimensional statistics, and deep learning. He is currently a GAMM junior member, elected in 2016.



# GAMM Archive for Students

An Open-Access Online Journal run by the GAMM Juniors



STUDY

DISCOVER

PUBLISH RESULTS

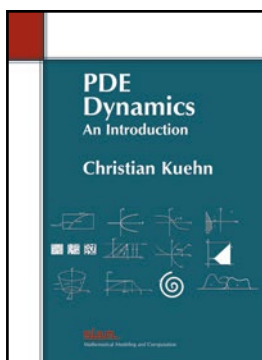


Submission of student research results at  
[www.gamm-ev.de](http://www.gamm-ev.de) ▶ Publications ▶ GAMMAS



# RUNDBRIEF Readers

## Save up to 30% on these SIAM Titles



### PDE Dynamics: An Introduction

Christian Kuehn

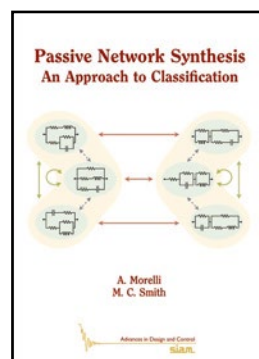
PDE Dynamics: An Introduction provides an overview of the myriad methods for applying dynamical systems techniques to PDEs and highlights the impact of PDE methods on dynamical systems. Also included are many nonlinear evolution equations, which have been benchmark models across the sciences, and examples and techniques to strengthen preparation for research.

2018 • xiv + 267 • Softcover • 9781611975659 • List \$69.00 • SIAM Member \$48.30  
Rundbrief Readers \$55.20 • MM23

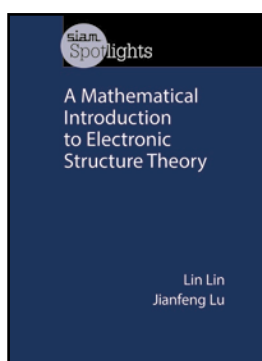
### Passive Network Synthesis: An Approach to Classification

Alessandro Morelli and Malcolm Smith

A resurgence of interest in network synthesis in the last decade, motivated by the introduction of the inerter, has led to the need for a better understanding of the most economical way to realize a given passive impedance. This monograph outlines the main contributions to the field of passive network synthesis and presents new research into the enumerative approach and the classification of networks of restricted complexity.



2019 • vi + 153 • Softcover • 9781611975819 • List \$64.00 • SIAM Member \$44.80 • Rundbrief Readers \$51.20 • DC33



### A Mathematical Introduction to Electronic Structure Theory

Lin Lin and Jianfeng Lu

Based on first principle quantum mechanics, electronic structure theory is widely used in physics, chemistry, materials science, and related fields and has recently received increasing research attention in applied and computational mathematics. This book provides a self-contained, mathematically oriented introduction to the subject and its associated algorithms and analysis. It will help applied mathematics advanced undergraduate and beginning graduate students and researchers with minimal background in physics understand the basics of electronic structure theory and prepare them to conduct research in this area.

2019 • vii + 127 • Softcover • 9781611975796 • List \$44.00 • SIAM Member \$30.80  
Rundbrief Readers \$35.20 • SLO4

**siam**  
Society for Industrial and Applied Mathematics

**TO ORDER, VISIT [bookstore.siam.org](http://bookstore.siam.org)**

Use coupon code BKG19 to receive 20% off. SIAM members automatically receive 30% off. Members and customers outside North America can order through the Eurospan Group, at [Eurospanbookstore.com/siam](http://Eurospanbookstore.com/siam).

# Dr.-Ing. Dipl.-Math. Techn. Felix Fritzen

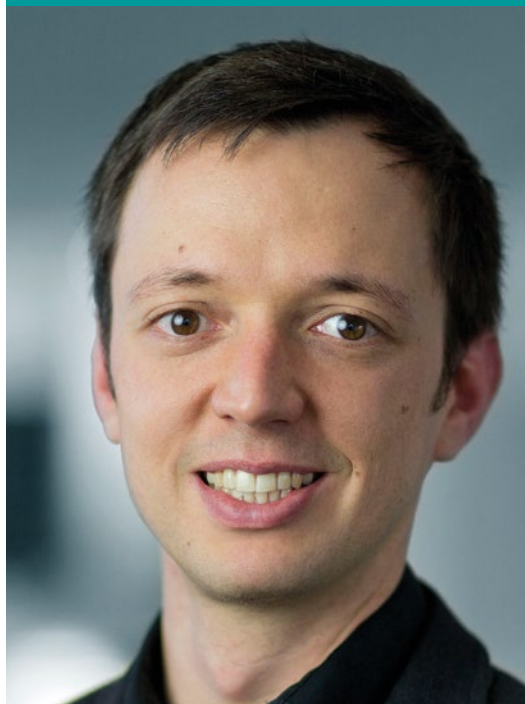
studierte an der Universität Karlsruhe (TH) – dem heutigen Karlsruher Institut für Technologie – von 2001 bis 2006 Maschinenbau auf Diplom. Direkt im Anschluss daran begann er dort seine wissenschaftliche Arbeit in der Mechanik mit Fokus auf der mehrskaligen Materialmodellierung. Gleichzeitig absolvierte er 2007 die Diplomprüfungen in seinem Parallelstudium der Technomathematik. Die computergestützte Mikrostrukturmodellierung und numerische Homogenisierung waren Kerninhalt seiner von Prof. Dr.-Ing. Thomas Böhlke hauptbetreuten Dissertation, die er 2011 nach mehrmonatigem Aufenthalt am Centre des Matériaux abschloss. Am Karlsruher Institut für Technologie leitete er ab 2012 die Young Investigator Group Computer Aided Material Modeling. Ebenfalls 2012 war er einer der ersten zehn GAMM Juniors und 2012 Sprecher der Gruppe. Anfang 2015 wechselte er ans Institut für Mechanik der Universität Stuttgart, um dort seine DFG Emmy-Noether-Gruppe EMMA – Efficient Methods for Mechanical Analysis einzurichten. Im Juli 2018 bewilligte die DFG seinen Antrag auf eine Heisenberg-Proessur Data-Analytics in Engineering, die am Stuttgarter Zentrum für Simulationswissenschaften aktuell eingerichtet wird.

Thematisch vertritt die Arbeitsgruppe von Herrn Fritzen verschiedenste Aspekte von mathematischen und computergestützten Methoden, insbesondere in der nichtlinearen Mechanik von Mehrskalproblemen. Die stochastische Generierung synthetischer Mikrostrukturen und deren periodische Vernetzung (u. a. [1]) waren der Ausgangspunkt für umfangreiche Monte Carlo Studien für polykristalline Metalle und partikelverstärkte Verbundwerkstoffe, bei denen unter anderem die Einflüsse der Korn- und Partikelmorphologie systematisch untersucht wurden.

Über die Analyse des effektiven linearen Materialverhaltens hinaus widmen sich seine Forschungsarbeiten insbesondere nichtlinearen Materialien mit ausgeprägten Pfadabhängigkeiten, die eine direkte numerische Homogenisierung – im Sinne der Identifikation geschlossener, effektiver Stoffgleichungen – im Allgemeinen ausschließen. Mit Hilfe von Werkzeugen aus dem Bereich der Modellordnungsreduktion konnte Herr Fritzen reduzierte Parametrisierungen des materiellen Zustands elastoviskoplastischer Werkstoffe identifizieren. In Verbindung mit mikromechanischen Überlegungen ist damit die Definition einer reduzierten Kinetik im Rahmen der NTFA von Michel und Suquet [2, 3] möglich, mit der hocheffiziente problemspezifische Ersatzmodelle realisiert werden können [4]. Diese erlauben echte Zweiskalensimulationen auf Arbeitsplatzrechnern.

Durch die Anwendung von gemischt variationellen Ansätzen in Verbindung mit potentialbasierten Konstitutivmodellen konnte die NTFA systematisch generalisiert werden: Die viskoelastische NTFA [5] betrachtete erstmalig eine mathematisch dediziert hergeleitete reduzierte Kinetik, die ohne phenomenologische Annahmen auskommt. Die Verallgemeinerung für Generalisierte Standard Materialien

## STECKBRIEF



(GSM) wurde unter dem Namen pRBMOR (potentially based reduced basis model order reduction) [6, 7] in von Herrn Fritzen betreuten Forschungsprojekten und studentischen Arbeiten systematisch auf andere Materialklassen erweitert: Neben isotroper Viskoplastizität wurden kristall-viskoplastische Modelle und Erweiterungen um dissipative Kohäsivzonen [u. a. 8] untersucht. Die systematische Herleitung der reduzierten Kinetik im Vergleich zur NTFA ist physikalisch und mathematisch sinnvoll. Sie induziert aber einen erhöhten numerischen Aufwand. In Verbindung mit der Implementierung auf Hochleistungsgrafikkarten [7] kann die Effizienz signifikant verbessert werden, und die pRBMOR ermöglicht die Durchführung realistischer dreidimensionaler Zweiskalensimulationen mit mehreren hundert tausend

Freiheitsgraden auf Workstation-Computern. Damit wurde unter anderem die Topologie nichtlinearer mehrskaliger Strukturen systematisch optimiert [Abb. 1]. Seit März 2015 forscht und lehrt Herr Fritzen an der Universität Stuttgart. Die Einbettung seiner Emmy-Noether-Gruppe EMMA in das dortige Institut für Mechanik (Bauwesen), den Exzellenzcluster SimTech (EXC310, EXC2075) und in das Stuttgarter Zentrum für Simulationswissenschaften beeinflusst die wissenschaftliche Ausrichtung seiner Arbeiten. Durch die interdisziplinäre Interaktion mit anderen Forschungsgruppenleitern aus der Mathematik, Informatik und den Ingenieurwissenschaften wurden Arbeiten im Bereich der Fehlerbewertung reduzierter mechanischer Modelle angestoßen, Interpolationsverfahren entwickelt und Verfahren des maschinellen Lernens für Anwendungen in den Ingenieurwissenschaften untersucht [z. B. 10, 11] [Abb. 2: RNEXP]. Deshalb hat er 2016 gemeinsam mit Prof. Dr.-Ing. Stefan Diebels den GAMM Fachausschuss „Data-driven

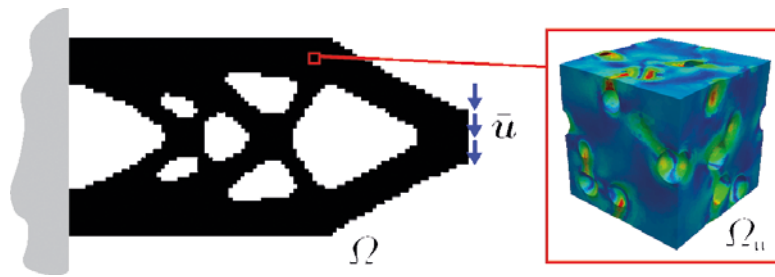


Abb. 1: Viskoplastisches mehrskalige Topologieoptimierung mit der pRB MOR am Beispiel mikro-poröser Metalle als Basis material für einen Kragarmträger [6, 7, 9].

modeling and numerical simulation of microstructured materials“ (GAMM AG DATA) neu gegründet. Bei einer von Herrn Fritzen gemeinsam mit Prof. David Ryckelynck (Mines ParisTech) initiierten Workshopreihe werden zudem seit 2013 Aspekte der Modellordnungsreduktion und der datenunterstützten Simulation in einem zweijährlichen Turnus lebhaft diskutiert.

Die Entwicklung von Methoden zur Analyse von Daten in den Simulationswissenschaften hat sich Herr Fritzen in seinem im Juli 2018 bewilligten Antrag für eine DFG Heisenberg-Proffessur „Data-Analytics in Engineering“ an der Universität Stuttgart zum Ziel gesetzt. Diese wird explizit im Stuttgarter Zentrum für Simulationswissenschaften verankert und ist damit auch formal interdisziplinär.

Im Rahmen der Exzellenzstrategie des Bundes und der Länder wurde der Exzellenzcluster SimTech erfolgreich in seine dritte Laufzeit überführt (EXC2075). Wissenschaftliches Ziel des Clusters ist die systematische Integration von Daten in die Simulationswissenschaften. Herr Fritzen ist in diesen Exzellenzcluster integriert und blickt mit Spannung auf die gemeinsamen Entwicklungen im Bereich der datenunterstützten Verfahren.

**Literatur**

- [1] F. Fritzen, T. Böhlke. Periodic three-dimensional mesh generation for particle reinforced composites with application to metal matrix composites. In: International Journal of Solids and Structures 48(5):706-718, 2011.
- [2] J.-C. Michel, P. Suquet. Nonuniform transformation field analysis. In: International Journal of Solids and Structures 40:6937-6955, 2003.
- [3] J.-C. Michel, P. Suquet. Computational analysis of nonlinear composite structures using the nonuniform transformation field analysis. In: Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering 193:5477-5502, 2004.
- [4] F. Fritzen, T. Böhlke. Three-dimensional finite element implementation of the nonuniform transformation field analysis. In: International Journal for Numerical Methods in Engineering 84(7):803-829, 2010.
- [5] F. Fritzen, T. Böhlke. Reduced basis homogenization of viscoelastic composites. In: Composites Science and Technology 76(4):84-91, 2013.
- [6] F. Fritzen, M. Leuschner. Reduced basis hybrid computational homogenization based on a mixed incremental formulation. In: Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering 260:143-154, 2013.
- [7] F. Fritzen, M. Hodapp, M. Leuschner. GPU accelerated computational homogenization based on a variational approach in a reduced basis framework. In: Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering 278:186-217, 2014.
- [8] M. Leuschner, F. Fritzen. Reduced order homogenization for viscoplastic composite materials including dissipative imperfect interfaces. In: Mechanics of Materials 104:121-138, 2017.
- [9] F. Fritzen, L. Xia, M. Leuschner, P. Breitkopf. Topology optimization of multiscale elastoviscoplastic structures. In: International Journal for Numerical Methods in Engineering 106(6):430-453, 2016.
- [10] F. Fritzen, O. Kunc. Homogenization of hyper-elastic solids using data-driven homogenization and reduced order modeling. In: European Journal of Mechanics A / Solids 69:201-220, 2018.
- [11] F. Fritzen, M. Fernández, F. Larsson. On-the-fly adaptivity for nonlinear twoscale simulations using artificial neural networks and reduced order modeling. In: Frontiers in Materials (im Druck; DOI: 10.3389/fmats.2019.00075), 2019.

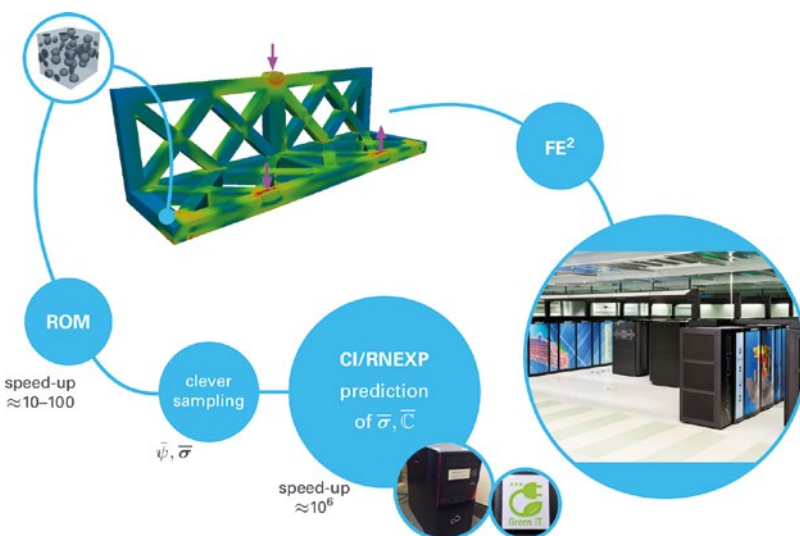


Abb. 2: Datenunterstützte Homogenisierung pseudoplastischer Materialien mit der RNEXP/Concentric Interpolation [10].

**Kontakt:**

Dr.-Ing. Dipl.-Math. Techn. Felix Fritzen  
 Universität Stuttgart  
 Institut für Mechanik (Bauwesen)  
 EMMA - Efficient Methods for Mechanical Analysis  
 Pfaffenwaldring 7  
 70569 Stuttgart  
<https://www.mechbau.uni-stuttgart.de/EMMA>  
 E-Mail: fritzen@mechbau.uni-stuttgart.de

**Dr. Stefan Frei** absolvierte sein Diplomstudium Mathematik mit Ausrichtung Wissenschaftliches Rechnen an der Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg. In seiner Diplomarbeit in der Arbeitsgruppe von Prof. Rannacher behandelte er Optimalsteuerungsprobleme mit partiellen Differentialgleichungen. Nach einem Forschungsaufenthalt am Fraunhofer ITWM in Kaiserslautern promovierte er von 2012 bis 2016 in Heidelberg unter Prof. Richter zum Thema "Eulersche Finite Elemente Methoden für Interface-Probleme und Fluid-Struktur-Interaktionen" mit dem Prädikat *summa cum laude*. Seit 2017 beschäftigt er sich am University College London zusammen mit Prof. Burman mit der numerischen Simulation von Kontaktproblemen mit Fluid-Struktur-Interaktion. Außerdem unterstützte er die Universidad Nacional Agraria La Molina in Lima (Peru) im vergangenen Jahr als Gastprofessor bei der Planung von neuen Studiengängen in Angewandter Mathematik. Weitere aktuelle Forschungsschwerpunkte sind Mehrskalenprobleme, insbesondere in der Zeit, und Probleme der numerischen Strömungsmechanik.

Bereits während seines Studiums entdeckte Stefan Frei im Rahmen einer Spezialvorlesung sein Interesse an Interfaceproblemen und speziell an der Modellierung und Simulation von Fluid-Struktur-Interaktion (FSI). Nach zwei Abstechern in das Gebiet der Optimalsteuerung mit partiellen Differentialgleichungen [8,7] entschied er sich dann auch zur Promotion in diesem Gebiet. In der Arbeitsgruppe von Prof. Rannacher in Heidelberg wurde damals ein neuartiger Ansatz für FSI mit großen Strukturdeformationen oder -bewegungen erforscht [4]. Dies ist beispielsweise bei biomedizinischen Anwendungen wie der numerischen Simulation von Herzklappen oder von Plaquewachstum in Arterien, aber auch bei vielen ingenieurwissenschaftlichen Fragestellungen relevant.

Während der Standardansatz für FSI mit moderaten Strukturaußenlenkungen - die Arbitrary Lagrangian Eulerian (ALE) Methode - in diesem Fall Schwierigkeiten aufweist [13] und bei alternativen Methoden wie der Immersed Boundary Methode mühsam Kräfte und Variablen zwischen verschiedenen Koordinatensystemen transferiert werden müssen, führt die Formulierung aller Gleichungen in Eulerschen Koordinaten (Fully Eulerian approach) auf eine mathematisch elegante monolithische Formulierung, in die die Kopplungsbedingungen einfach mithilfe von variationellen Prinzipien integriert werden können. Ausgehend von seiner Dissertation wurde dieser Ansatz in den letzten Jahren maßgeblich von Stefan Frei weiterentwickelt [5,9,10,11,13].

Sowohl der Eulersche Ansatz als auch die Immersed Boundary Methode stellen aufgrund der Bewegung eines inneren Interfaces besondere Herausforderungen für eine akkurate und stabile Diskretisierung. Für die Ortsdiskretisierung entwickelte Stefan Frei in seiner Promotion eine einfache "lokal modifizierte" Finite-Elemente-Methode [9,6]. Basierend auf einem festen Grobgitter werden dabei innere Freiheitsgrade innerhalb der Grobgitterzellen so angepasst, dass das Interface in (mindestens) linearer Approximation aufgelöst wird. Dieser Ansatz ist insbesondere für Probleme mit instationären Interfaces geeignet, da die Grob-

## STECKBRIEF



gitterstruktur unabhängig von der Bewegung des Interfaces erhalten bleibt.

Während für die Ortsdiskretisierung verschiedene alternative Methoden in der Literatur existieren, ist die Zeitdiskretisierung bei bewegten Interfaces weit weniger erforscht. In seiner Promotion gelang es Stefan Frei eines der ersten Zeitschrittverfahren zweiter Ordnung für Probleme mit instationären Interfaces herzuleiten [11]. Der Ansatz basiert auf einer Galerkindiskretisierung in der Zeit, wobei die Galerkinansatzräume derart modifiziert werden, dass die Bewegung des Interfaces oder auch von äußeren Rändern in der Diskretisierung geeignet aufgelöst werden.

Diese Ansätze sind nicht nur für FSI interessant, sondern viel all-

gemeiner für Interfaceprobleme in Eulerschen Koordinaten, wie etwa Mehrphasenströmungen oder Diffusions- und Transportprobleme mit un stetigen Koeffizienten. In seiner zukünftigen Forschung plant Herr Frei zudem die Kombination von sogenannten CutFEM-Ansätzen [1] mit dem Eulerschen Ansatz, insbesondere zur Simulation von komplexen dreidimensionalen Problemen.

Eine interessante Anwendung ist die Simulation von Plaquewachstum in Arterien. Neben FSI ist hier der Einfluss von diversen Zellkonzentrationen zu berücksichtigen, welche das Wachstum verursachen und daher einen direkten Einfluss auf die Strukturgleichungen haben [14,13]. Dabei bedingen sich FSI und Zellkonzentrationen wechselseitig, da die Wandschubspannung beeinflusst, wie viele der Zellen in die Arterienwand eindringen. Schließlich liegt eine Hauptschwierigkeit in den verschiedenen Zeitskalen von Strömungsdynamik ( $t < 1s$ ) und Plaquewachstum ( $T > 1$  Monat), welche eine Auflösung der schnellen Skala über den kompletten Zeitraum des Plaquewachstums praktisch unmöglich macht.

Ausgehend von dieser Anwendung beschäftigte sich Stefan Frei zusammen mit Thomas Richter in den letzten Jahren intensiv mit zeitlichen Mehrskalenalgorithmen für Strömungsprobleme. In einer aktuellen Arbeit konnte ein solcher Algorithmus erstmals vollständig analysiert werden, unter Ab-

schätzung von Modellierungs- und Diskretisierungsfehlern [12]. Eine Schwierigkeit liegt dabei in der Formulierung von Anfangsbedingungen auf der schnellen Skala. Für Strömungsprobleme mit genügend kleinen Daten kann gezeigt werden, dass periodische Anfangsdaten eine genügend gute Approximation im Rahmen des Modellierungsfehlers darstellen.

Am University College London (UCL) forscht Stefan Frei seit 2017 in Zusammenarbeit mit Erik Burman (UCL) und Miguel A. Fernández (Inria de Paris) an Kontaktproblemen mit Fluid-Struktur-Interaktion. Neben der Topologieänderung im Strömungsgebiet, für welche ein Eulerscher Ansatz geeignet ist, liegt eine Hauptschwierigkeit im Übergang von den FSI-Kopplungs- zu den Kontaktbedingungen und umgekehrt. Um eine stabile und implizite Formulierung der beiden Bedingungen zu ermöglichen, werden die Strömungsvariablen jenseits der Kontaktfläche geeignet fortgesetzt. Anschließend werden beide Bedingungen voll implizit mithilfe von sogenannten Nitsche-Techniken in die variationelle Formulierung integriert [2].

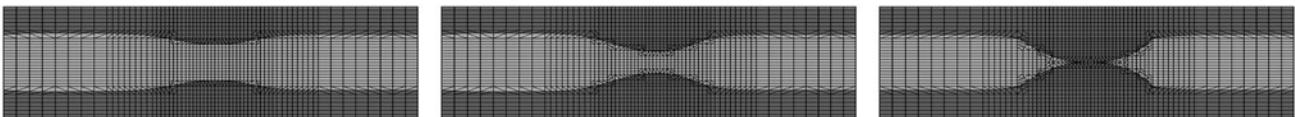
Schließlich liegen Stefan Frei seine Kontakte nach Südamerika besonders am Herzen. Resultierend aus einem Auslandssemester in Trujillo (Peru) im Jahre 2006 führte er zusammen mit Malte Braack (Kiel) und Thomas Richter von 2014 bis 2016 drei vom DAAD finanzierte Sommerschulen in Peru und Brasilien durch. Darauf aufbauend forschte er mit Kollegen aus Peru an Strömungs- und Gasdynamiken in der menschlichen Lunge [3] und übernahm unter anderem eine einjährige Gastprofessur in Lima. In diesem Jahr wurde zusammen mit mehreren peruanischen und deutschen Forschungsinstitutionen eine Partnerschaft im DAAD-Programm "Fachbezogene Partnerschaften mit Hochschulen in Entwicklungsländern" begonnen. Geplant ist dabei insbesondere eine internationale Konferenz in Cusco im März 2020 sowie der Aufbau von langfristigen Strukturen im Bereich der Angewandten Mathematik in Peru.

## Literatur

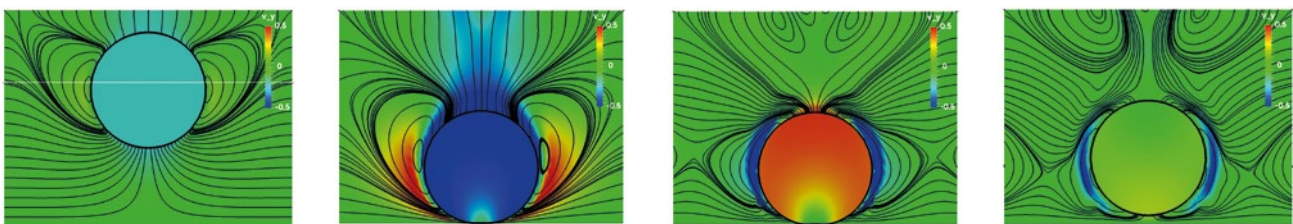
- [1] E Burman, S Claus, P Hansbo, MG Larson, A Massing. CutFEM: Discretizing geometry and partial differential equations. *Int J Numer Methods Eng*, 104(7):472–501, 2015.
- [2] E Burman, MA Fernández, S Frei. A Nitsche-based formulation for fluid-structure interactions with contact. *ArXiv e-prints arXiv:1808.08758*, 2018.
- [3] LJ Caucha, S Frei, O Rubio. Finite element simulation of fluid dynamics and CO<sub>2</sub> gas exchange in the alveolar sacs of the human lung. *Comput Appl Math*, 37(5):6410–6432, 2018.
- [4] T Dunne. An Eulerian approach to fluid-structure interaction and goal-oriented mesh adaptation. *Int J Numer Methods Fluids*, 51(9–10):1017–1039, 2006.
- [5] S Frei. Eulerian finite element methods for interface problems and fluid-structure interactions. Dissertation, Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg, 2016.
- [6] S Frei. An edge-based pressure stabilization technique for finite elements on arbitrarily anisotropic meshes. *Int J Numer Methods Fluids*, 89(10):407–429, 2019.
- [7] S Frei, H Andrá, R Pinnau, O Tse. Optimizing fiber orientation in fiber-reinforced materials using efficient upscaling. *Comput Optim Appl*, 62(1):111–129, 2015.
- [8] S Frei, R Rannacher, W Wollner. A priori error estimates for the finite element discretization of optimal distributed control problems governed by the biharmonic operator. *Calcolo*, 50(3):165–193, 2013.
- [9] S Frei, T Richter. A locally modified parametric finite element method for interface problems. *SIAM J Numer Anal*, 52(5):2315–2334, 2014.
- [10] S Frei, T Richter. An accurate Eulerian approach for fluid-structure interactions. In S. Frei, B. Holm, T. Richter, T. Wick, and H. Yang, editors, *Fluid-Structure Interaction: Modeling, Adaptive Discretization and Solvers*, Rad Ser Comput Appl Math. de Gruyter, 2017.
- [11] S Frei, T Richter. A second order time-stepping scheme for parabolic interface problems with moving interfaces. *ESAIM: M2AN*, 51(4):1539–1560, 2017.
- [12] S Frei, T Richter. Efficient approximation of flow problems with multiple scales in time. *arXiv preprint arXiv:1903.12234*, 2019.
- [13] S Frei, T Richter, T Wick. Long-term simulation of large deformation, mechano-chemical fluid-structure interactions in ALE and fully Eulerian coordinates. *J Comput Phys*, 321:874–891, 2016.
- [14] Y Yang, W Jäger, M Neuss-Radu, T Richter. Mathematical modeling and simulation of the evolution of plaques in blood vessels. *J Math Biol*, 72(4):973–996, 2016.

## Kontakt:

Dr. Stefan Frei  
 Department of Mathematics  
 University College London  
<http://www.homepages.ucl.ac.uk/~ucahfre>  
 E-Mail: [s.frei@ucl.ac.uk](mailto:s.frei@ucl.ac.uk)



Lokal modifizierte Finite-Elemente-Diskretisierung zur Simulation von Plaquewachstum in Arterien



Globales Geschwindigkeitsfeld und Stromlinien bei einer FSI-Kontakt-Modellkonfiguration: Fall eines elastischen Balles in einem viskosen Fluid und Absprung nach Kontakt mit einer Bodenplatte



# Bestsellers from SIAM

ORDER DIRECT AT [bookstore.siam.org](http://bookstore.siam.org)

## Save up to 30% on these SIAM Titles

- 1 Numerical Linear Algebra**  
*Lloyd N. Trefethen and David Bau, III*  
1997 · xii + 361 pages · Softcover · 9780898713619  
List \$72.00 · SIAM \$50.40 · Rundbrief \$57.60 · OT58
- 2 BIG Jobs Guide**  
Business, Industry, and Government Careers for Mathematical Scientists, Statisticians, and Operations Researchers  
*Rachel Levy, Richard Laugesen, and Fadil Santosa*  
2018 · xii + 141 pages · Softcover · 9781611975284  
List \$25.00 · SIAM \$17.50 · Rundbrief \$20.00 · OT158
- 3 A First Course in Numerical Methods**  
*Uri M. Ascher and Chen Greif*  
2011 · xxii + 552 pages · Softcover · 9780898719970  
List \$104.50 · SIAM \$73.15 · Rundbrief \$83.60 · CS07
- 4 Matrix Analysis for Scientists and Engineers**  
*Alan J. Laub*  
2005 · xiii + 157 pages · Softcover · 9780898715767  
List \$52.00 · SIAM \$36.40 · Rundbrief \$41.60 · OT91
- 5 Finite Difference Methods for Ordinary and Partial Differential Equations**  
Steady-State and Time-Dependent Problems  
*Randall J. LeVeque*  
2007 · xvi + 341 pages · Softcover · 9780898716290  
List \$74.50 · SIAM \$52.15 · Rundbrief \$59.60 · OT98
- 6 Dynamic Mode Decomposition**  
Data-Driven Modeling of Complex Systems  
*J. Nathan Kutz, Steven L. Brunton, Bingni W. Brunton, and Joshua L. Proctor*  
2016 · xvi + 234 pages · Softcover · 9781611974492  
List \$71.50 · SIAM \$50.05 · Rundbrief \$57.20 · OT149
- 7 Matrix Analysis and Applied Linear Algebra**  
*Carl D. Meyer*  
2000 · xii + 718 pages · Hardcover · 9780898714548  
List \$113.50 · SIAM \$79.45 · Rundbrief \$90.80 · OT71
- 8 Fundamentals of Numerical Computation**  
*Tobin A. Driscoll and Richard J. Braun*  
2017 · xxx + 553 pages · Hardcover · 9781611975079  
List \$104.00 · SIAM \$72.80 · Rundbrief \$83.20 · OT154
- 9 MATLAB Guide**  
Third Edition  
*Desmond J. Higham and Nicholas J. Higham*  
2017 · xxvi + 476 pages · Hardcover · 9781611974652  
List \$64.00 · SIAM \$44.80 · Rundbrief \$51.20 · OT150
- 10 Foundations of Applied Mathematics**  
Volume 1: Mathematical Analysis  
*Jeffrey Humphreys, Tyler J. Jarvis, and Emily J. Evans*  
2017 · xx + 689 pages · Hardcover · 9781611974898  
List \$89.00 · SIAM \$62.30 · Rundbrief \$71.20 · OT152
- 11 Uncertainty Quantification**  
Theory, Implementation, and Applications  
*Ralph C. Smith*  
2013 · xviii + 382 pages · Hardcover · 9781611973211  
List \$79.00 · SIAM \$55.30 · Rundbrief \$63.20 · CS12
- 12 Numerical Methods for Conservation Laws**  
From Analysis to Algorithms  
*Jan S. Hesthaven*  
2018 · xvi + 576 pages · Softcover · 9781611975093  
List \$89.00 · SIAM \$62.30 · Rundbrief \$71.20 · CS18
- 13 Insight Through Computing**  
A MATLAB Introduction to Computational Science and Engineering  
*Charles F. Van Loan and K.-Y. Daisy Fan*  
2010 · xviii + 434 pages · Softcover · 9780898716917  
List \$67.50 · SIAM \$47.25 · Rundbrief \$54.00 · OT117
- 14 Mathematics Motivated by the Social and Behavioral Sciences**  
*Donald G. Saari*  
2018 · xvii + 171 pages · Softcover · 9781611975178  
List \$59.00 · SIAM \$41.30 · Rundbrief \$47.20 · CB91
- 15 First-Order Methods in Optimization**  
*Amir Beck*  
2017 · x + 484 pages · Softcover · 9781611974980  
List \$97.00 · SIAM \$67.90 · Rundbrief \$77.60 · MO25
- 16 Mathematical Models in Biology**  
*Leah Edelstein-Keshet*  
2004 · xliii + 586 pages · Softcover · 9780898715545  
List \$68.50 · SIAM \$47.95 · Rundbrief \$54.80 · CL46
- 17 Approximation Theory and Approximation Practice**  
*Lloyd N. Trefethen*  
2012 · xiii + 305 pages · Softcover · 9781611972399  
List \$56.00 · SIAM \$39.20 · Rundbrief \$44.80 · OT128
- 18 Differential Dynamical Systems**  
Revised Edition  
*James D. Meiss*  
2017 · xviii + 392 pages · Softcover · 9781611974638  
List \$87.00 · SIAM \$60.90 · Rundbrief \$69.60 · MM22
- 19 Learning LaTeX**  
Second Edition  
*David F. Griffiths and Desmond J. Higham*  
2016 · x + 103 pages · Softcover · 9781611974416  
List \$31.00 · SIAM \$21.70 · Rundbrief \$24.80 · OT148
- 20 Exploring ODEs**  
*Lloyd N. Trefethen, Ásgeir Birkisson, Tobin A. Driscoll*  
2018 · viii + 335 pages · Hardcover · 9781611975154  
List \$64.00 · SIAM \$44.80 · Rundbrief \$51.20 · OT157
- 21 Computational Uncertainty Quantification for Inverse Problems**  
*Johnathan M. Bardsley*  
2018 · viii + 135 pages · Softcover · 9781611975376  
List \$59.00 · SIAM \$41.30 · Rundbrief \$47.20 · CS19
- 22 Introduction to Nonlinear Optimization**  
Theory, Algorithms, and Applications with MATLAB  
*Amir Beck*  
2014 · xii + 282 pages · Softcover · 9781611973648  
List \$95.00 · SIAM \$66.50 · Rundbrief \$76.00 · MO19
- 23 Handbook of Writing for the Mathematical Sciences**  
Second Edition  
*Nicholas J. Higham*  
1998 · xvi + 302 pages · Softcover · 9780898714203  
List \$66.50 · SIAM \$46.55 · Rundbrief \$53.20 · OT63
- 24 Mathematics and Climate**  
*Hans Kaper and Hans Engler*  
2013 · xx + 295 pages · Softcover · 9781611972603  
List \$63.50 · SIAM \$44.45 · Rundbrief \$50.80 · OT131

SIAM's bestselling titles for the 12 months ended April 30, 2019. Sales are from all sources, including SIAM, online retailers, and SIAM's distribution partners.

**siam**  
Society for Industrial and Applied Mathematics

TO ORDER, VISIT [bookstore.siam.org](http://bookstore.siam.org)

Use coupon code BKGM19 to receive 20% off. SIAM members automatically receive 30% off. Members and customers outside North America can order through the Eurospan Group, at [Eurospanbookstore.com/siam](http://Eurospanbookstore.com/siam).



**DR. JOHANNA EISENTRÄGER  
GAMM-JUNIOR SEIT 2018**

**UNSW SYDNEY  
SCHOOL OF CIVIL AND  
ENVIRONMENTAL ENGINEERING**

**M. SC. TOBIAS KAISER  
GAMM-JUNIOR SEIT 2018**

**TECHNISCHE UNIVERSITÄT  
DORTMUND  
INSTITUT FÜR MECHANIK**



# JUNGE TALENTE IN BESTER GESELLSCHAFT



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



## YAMM LUNCH: YOUNG ACADEMICS MEET MENTORS

BY JOHANNA EISENTRÄGER, TOBIAS KAISER & CHRISTOPH MEIER

Due to the success of the previous two YAMM lunches at the GAMM Annual Meetings in Ilmenau/Weimar (2017) and Munich (2018), the GAMM Juniors have organized the YAMM lunch for the third time, taking place during the Annual Meeting in Vienna in 2019. This event addressed young scientists and established experts working in the fields of applied mathematics and mechanics.

During this year's YAMM lunch, we have welcomed twelve experts who represent different stages of the academic career path. An abundant buffet was served in the Kleiner Festsaal at the University of Vienna, which created a festive atmosphere due to its rich décor. The lunch started with a short opening by the organizers, who introduced all experts briefly. Afterwards, intensive discussions among participants and experts started. In contrast to the previous years, a specific topic was not selected in advance such that discussions were

free to evolve about various topics, such as general experiences in science, career strategies, as well as challenges in academia, such as finding a good balance between work in science and private life. Once again, the interest of participants in the YAMM lunch was very high, i.e., all available tickets for the lunch had been sold out rapidly, such that the GAMM Juniors plan to organize the YAMM lunch for the fourth time during the GAMM Annual Meeting in Kassel next year.

The GAMM Juniors would like to thank all experts taking part in this event, sharing their personal experiences and giving valuable advice, thus contributing to the success of these events. Many thanks of the GAMM Juniors are also addressed to the local organizing committee for their support during the organization of the YAMM.

## JAHRESBERICHT 2019 DER GAMM-NACHWUCHSGRUPPE

VON SEAN SCHNEEWEIB UND LUCAS ENGELHARDT

U ULM

Die GAMM Nachwuchsgruppe Ulm wurde Anfang des Jahres gegründet.

Mit 12 Gründungsmitgliedern wurde eine gemeinsame Gruppe der Universität Ulm und der technischen Hochschule Ulm ins Leben gerufen. Neben Formalien zur Gründung wurden bisher ein Grillevent organisiert und erste Vorbereitungen für den Workshop CSE, welcher im November in Ulm stattfinden soll, getätigt.

Als erster Vorstand wurden neben Tim Wagner und Lucas Engelhardt als Sprecher, auch Magnus Heimpel als Kassierer und Sean Schneeweiß als Schriftführer von Silke Glas benannt.

Das Grillevent zum Akquirieren neuer Mitglieder fand bei bestem Wetter Ende Mai statt. Dabei gesellten sich zu den bisherigen Mitgliedern einige Studenten, vorwiegend aus dem Studiengang Computational Science and Engineering. Bei über 35 Besuchern fand ein reger Austausch statt.

Auch konnten wir langjährige GAMM Mitglieder aus Ulm für uns gewinnen, und bei einem Kaltgetränk mit ihnen reden.



1: Aktueller Vorstand. Silke Glas (GAMM Repräsentantin), Tim Wagner (stv. Sprecher), Lucas Engelhardt (Sprecher), Magnus Heimpel (Finanzen), Sean Schneeweiß (Schriftführer)

## JAHRESBERICHT 2019 DER GAMM-NACHWUCHSGRUPPE

VON TOBIAS KAISER

TU DORTMUND

Die GAMM-Nachwuchsgruppe der TU Dortmund wurde offiziell im April diesen Jahres von Promovierenden des Institutes für Mechanik (Fakultät Maschinenbau), des Lehrstuhls für Baumechanik (Fakultät Architektur und Bauingenieurwesen) sowie der Lehrstühle für Analysis und wissenschaftliches Rechnen (Fakultät Mathematik) gegründet. Der Nachwuchsgruppe gehören zurzeit 24 reguläre Mitglieder an – 14 aus der Fakultät Maschinenbau, sechs aus der Fakultät Architektur und Bauingenieurwesen, vier aus der Fakultät Mathematik. Die Aktivitäten der Nachwuchsgruppe werden zudem aktiv durch sieben Senioremitglieder unterstützt.

Im Juni diesen Jahres fand die Kickoff-Veranstaltung zusammen mit dem ersten Seminar der Nachwuchsgruppe statt. Neben allgemeinen organisatorischen Informationen stand ein Austausch der Gruppen zu aktuellen Forschungsthemen im Vordergrund. Durch drei Vorträge zu den Themen „Gradient-Enhanced Ductile Damage – Parameter Identification and Application to Bending“, „Load Optimized Air Bending for Damage Reduction“ sowie „Numerical Approximation of Rate-Independent Evolutions“ wurden fächerübergreifend rege Diskussionen angestoßen und im Anschluss an die Vorträge in persönlichen Gesprächen vertieft.



Bereits durch dieses erste Seminar sind viele Schnittstellen für wissenschaftliche Kooperationen deutlich geworden, sodass weitere gemeinsame Aktivitäten in Planung sind.

## JAHRESBERICHT 2019 DER GAMM-NACHWUCHSGRUPPE

VON HANNES VON ALLWÖRDEN

# TU & U HAMBURG

Die GAMM Nachwuchsgruppe Hamburg wurde im Juni 2018 gegründet. Aktuell hat sie zwölf Mitglieder an der Universität Hamburg und der Technischen Universität Hamburg.

Ziele der Gruppe sind die Förderung der Kommunikation unter Promovierenden und Studierenden in der Angewandten Mathematik an Hochschulen in Hamburg, der Austausch mit akademischen Partnern im In- und Ausland sowie die Information über berufliche Perspektiven. Zu diesem Zweck kooperiert die Gruppe eng mit dem SIAM Chapter Hamburg.

Im ersten Jahr konnte bereits eine Reihe attraktiver Aktivitäten organisiert werden, unter anderem ein Sommerfest, gemeinsame Mittagessen, eine Exkursion zur Röntgenröhrenfertigung und Forschungsabteilung der Firma Philips sowie eine „Life after PhD“-Veranstaltung, auf der Alumni von ihren außerakademischen Arbeitserfahrungen berichteten.

Außerdem konnte die Gruppe sowohl bei der GAMM Jahrestagung 2019 in Wien als auch beim Treffen der SIAM-



und GAMM Chapter 2018 in Berlin vorgestellt und mit anderen Nachwuchsgruppen vernetzt werden.

Weitere Informationen, geplante Aktivitäten und Kontaktdaten zur GAMM Nachwuchsgruppe Hamburg finden sich unter [www.studentchapter-math.uni-hamburg.de](http://www.studentchapter-math.uni-hamburg.de).

## JAHRESBERICHT 2019 DER GAMM-NACHWUCHSGRUPPE

VON DR. AILYN STÖTZNER UND ALEXANDRA BÜNGER

# TU CHEMNITZ

Das GAMM Student Chapter Chemnitz vereint derzeit rund 30 angewandte Mathematik- und Mechanik-Begeisterte mit dem gemeinsamen Ziel, die interdisziplinäre Zusammenarbeit in angewandter Mathematik und Mechanik zwischen Masterstudierenden und Doktoranden an der TU Chemnitz zu fördern. In diesem Sinne hat das GAMM Student Chapter im letzten Jahr wieder ein abwechslungsreiches Programm organisiert.

Gestartet ist das GAMM Student Chapter mit der Durchführung eines Workshops zur Mehrkörpersimulation „Chemnitz Dynamics“. Da die Mehrkörpersimulation ein weit verbreitetes Werkzeug mit vielseitigen Anwendungen ist und sich an der TU Chemnitz mehrere Projekte damit befassen, bot dieser Workshop eine einmalige Gelegenheit, die diversen Gruppen zusammenzubringen und einen Austausch anzuregen. Danach hatte das Chapter Martin Stoll, TU Chemnitz, zu einem Vortrag mit dem Titel „Iterative Löser für Optimierung mit PDEs“ eingeladen, gefolgt von Hans-Reinhard Berger, TU Chemnitz, der eine spannende Einführung in die spezielle Relativitätstheorie gab und anschaulich darstellte „Warum  $1 + (-1) = 1$  ist“. Zudem hatte das GAMM Student Chapter noch Stefan Hante, Martin-Luther-Uni-

versität Halle-Wittenberg, zu Gast mit dem amüsanten einführenden Vortrag „Lie-Gruppen-Dynamik, ist das ansteckend?“, dem ein Fachvortrag mit dem Schwerpunkt „Diskretisierungen mit versetztem Gitter auf Lie-Gruppen mit Anwendungen in Balken- und Schalentheorie“ folgte. Abgerundet wurde das wissenschaftliche Programm durch den Quaternionischen Nachmittag, bei welchem in zwei interaktiven Vorträgen eine Einführung in die Quaternionen-Algebra gegeben sowie deren geometrische Bedeutung und ihre Anwendung in der Mehrkörpersimulation beleuchtet wurde.

Regelmäßig ergänzt wurde das diesjährige Programm mit verschiedenen Social Events wie Picknick, Kneipenabenden und einem Spieleabend, um genügend Freiraum für den interdisziplinären Austausch und die Entwicklung neuer Ideen zu geben.

Für die Zukunft plant das GAMM Student Chapter Chemnitz, den interdisziplinären Austausch durch weitere fachliche sowie soziale Events weiter voranzutreiben und außerdem aktiv weitere Mitglieder, insbesondere unter den Masterstudierenden, zu gewinnen.

## JAHRESBERICHT 2019 DER GAMM-NACHWUCHSGRUPPE

VON DANIEL BANKMANN UND FELIX BLACK

TU BERLIN

Ab Februar 2019 wurde das Berliner SIAM Chapter auch zu einem GAMM Chapter. In den letzten Monaten haben wir bereits einige Veranstaltungen organisiert.

Unser Tools Seminar bietet Wissenschaftler\*innen und Student\*innen die Möglichkeit, ihre Erfahrungen und ihr Wissen über bestimmte Werkzeuge mit Kolleg\*innen und Kommiliton\*innen auszutauschen. In den vergangenen Vorträgen wurden Themen wie Literaturmanagement, Matlab-Tricks oder eine Einführung in Python behandelt. Seitdem wir ein GAMM Chapter geworden sind, hatten wir zwei Vorträge über Design von Benutzeroberflächen und die LaTeX Pakete TikZ und PGFPLOTS. Ab dem 3. April sind alle Doktorand\*innen der verschiedenen Forschungsgruppen des Mathematischen Instituts einmal im Monat eingeladen, gemeinsam mit uns in der Mensa der TU Berlin Mittag zu essen und anschließend, je nach zeitlicher Begrenzung, Kaffee zu trinken. Die Idee des PhD Lunch ist es, Erfahrungen und Forschungsideen auszutauschen und - am wichtigsten - andere Doktorand\*innen kennenzulernen.

Am 11. April machten rund 30 interessierte Student\*innen der Chapter Berlin und Magdeburg eine Exkursion zur 50Hertz Transmission GmbH in Neuenhagen. Nach bestandener Sicherheitskontrolle und Erhalt der Besucherausweise betrat die Gruppe das Hauptgebäude und wurde in einen Konferenzraum geführt, wo eine Erfrischung in Form von Mineralwasser und frischem Kaf-



fee auf sie wartete. Nach dem Empfang folgten mehrere Präsentationen, die von Vertreter\*innen verschiedener Abteilungen gehalten wurden. 50Hertz ist einer der großen vier deutschen Netzbetreiber und versorgt rund 18 Millionen Menschen. Nach Abschluss der Präsentationen wurde die Gruppe zum Mittagessen eingeladen. Gestärkt ging es weiter in den historischen Schaltraum, der heute als Museum dient. Nachdem alle mit Sicherheitshelmen ausgestattet waren, erhielt die Gruppe eine Führung durch das eigentliche Umspannwerk, in dem alle gängigen Frequenzen von 110 kV, 230 kV und 380 kV betrieben werden. Die Tour schloss die Exkursion ab und die Gruppe machte sich auf den Weg zurück nach Berlin, wo einige der Teilnehmer\*innen den Tag bei Kuchen und Kaffee ausklingen ließen.

## JAHRESBERICHT 2019 DER GAMM-NACHWUCHSGRUPPE

VON OLIVER KANSCHAT-KREBS, ROLAND MAIER  
UND DAVID WIEDEMANN

U AUGSBURG

Die Nachwuchsgruppe wurde am 12.06.2018 mit 12 regulären und 2 Senior-Mitgliedern gegründet. Derzeit besteht die Nachwuchsgruppe aus 11 regulären und 2 Senior-Mitgliedern (Stand: 29. Mai 2019).

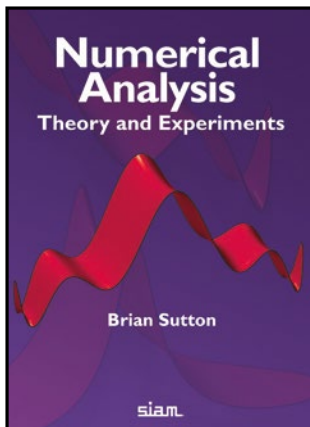
Das Hauptziel der Gruppe ist die Vernetzung innerhalb der Gruppe und mit anderen Nachwuchsgruppen. Da die Mitglieder der Gruppe ein breites inhaltliches Spektrum von physikalischer Modellierung über numerische Mathematik bis hin zur angewandten Analysis abdecken, führte dies bisher zu einem inhaltlich sehr bereichernden Austausch, den wir gerne fortsetzen möchten. Unter anderem wurden von den Mitgliedern Kurzseminare zu verschiedenen Themen abgehalten. Zudem pflegte die Gruppe den generellen Austausch bei regelmäßigen gemeinsamen Mittagessen.

Darüber hinaus hat die Nachwuchsgruppe im Rahmen des „GAMM Workshop on Numerical Analysis“ vom 10. bis 12. Oktober 2018 an der Universität Augsburg einen Short-Course organisiert. Dieser wurde von Prof. Dr. Olaf Steinbach (TU Graz) zum Thema „Space-Time Methods“ gehalten. Außerdem nahmen mehrere unserer Mitglieder am „Meeting of the European SIAM and GAMM student chapters 2018“ vom 19. bis 21. September 2018 in Berlin und an der GAMM-Jahrestagung vom 18. bis 22. Februar 2019 in Wien teil.

Zuletzt organisierte die Augsburger Nachwuchsgruppe in Kooperation mit dem GAMM Fachausschuss Numerische Analysis vom 24. bis 30. März 2019 den „Young Academics Workshop on Numerical Analysis“ in Sion (Schweiz).

# RUNDBRIEF *Readers*

Save up to 30% on these SIAM Titles



## Numerical Analysis: Theory and Experiments

Brian Sutton

This textbook develops fundamental skills of numerical analysis: designing numerical methods, implementing them in computer code, and analyzing accuracy and efficiency. A number of mathematical problems—interpolation, integration, linear systems, zero finding, and differential equations—are considered, and some of the vital methods for their solution are demonstrated and analyzed. Notable features include examples, development of Chebyshev methods alongside more classical ones, a dual emphasis on theory and experimentation, and use of linear algebra to solve problems from analysis

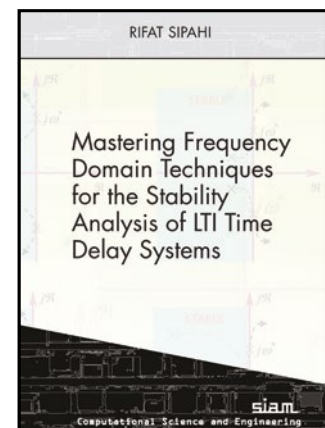
2018 · xv1 + 431 · Softcover · 9781611975697 · List \$94.00 · SIAM Members \$65.80  
Rundbrief Readers \$75.20 · OT161

## Mastering Frequency Domain Techniques for the Stability Analysis of LTI Time Delay Systems

Rifat Sipahi

This multipurpose book addresses the following questions for linear time-invariant (LTI) systems with an eigenvalue-based approach that is built upon frequency domain techniques: the fundamental question of how to study stability of dynamical systems influenced by time delays; related issues of how much time delay the system can withstand without becoming unstable; and how to change parameters to render improved dynamic characteristics, utilize/tune delay to improve dynamical behavior, and assess stability and speed of response of the dynamics. Readers will find key results from the text, demonstrations of all implementations, and Maple and MATLAB code available on the author's website.

2019 · xviii + 174 · Softcover · 9781611975710 · List \$74.00 · SIAM Members \$51.80 · Rundbrief Readers \$59.20 · CS20



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

TO ORDER, VISIT [bookstore.siam.org](http://bookstore.siam.org)

Use coupon code BKGM19 to receive 20% off. SIAM members automatically receive 30% off. Members and customers outside North America can order through the Eurospan Group, at [Eurospanbookstore.com/siam](http://Eurospanbookstore.com/siam).

# DIE ROLLE DER GAMM BEIM AUFBAU EINER NATIONALEN FORSCHUNGSDATEN- INFRASTRUKTUR

VON PETER BENNER UND STEFAN DIEBELS

Am 6. Juni 2019 wurde von der DFG die Ausschreibung 2019 für die Förderung von Konsortien zum Aufbau einer Nationalen Forschungsdateninfrastruktur (NFDI) veröffentlicht<sup>1</sup>. Die GAMM unterstützt dabei insbesondere zwei der geplanten Fachkonsortien in den Bereichen Mathematik und Materialwissenschaften. Wir möchten hier einen kurzen Überblick über Struktur, Ziele und Aufgaben der NFDI, sowie der beiden genannten Konsortien, geben.

Viele populärwissenschaftliche Veröffentlichungen der letzten 10-15 Jahre in den computergestützten Ingenieur- und Naturwissenschaften („CSE“), also auch zu vielen GAMM-relevanten Themen, beginnen mit der Feststellung, dass sich neben Theorie und Experiment die Computersimulation als dritte Säule des wissenschaftlichen Erkenntnisgewinns etabliert hat. Seit neuestem spricht man manchmal auch von einer vierten Säule, nämlich den „Daten“. Big Data und Methoden des maschinellen Lernens gehören sicher zu den am meisten gehypten Begriffen, mit denen Wissenschaft derzeit in Verbindung gebracht wird. Dabei spielen Daten natürlich unterschiedlichste Rollen und werden auf unterschiedlichste Weise generiert und weiterverarbeitet. In der Forschung gibt es dabei zum einen empirisch gewonnene Datensätze, auf der anderen Seite – und das ist keinesfalls neu – aus Experimenten (im Labor oder in silico) entstehende Forschungsdaten. Der Umgang mit diesen Datensätzen ist in den verschiedenen wissenschaftlichen Communities bislang sehr unterschiedlich – dies geht von systematischer Auswertung und dauerhafter, öffentlicher Verfügbarkeit bis hin zum Löschen der Daten, wenn diese einmal (ggf. für eine Veröffentlichung) ausgewertet wurden, um Speicherplatz zu sparen.

Das Ziel der NFDI ist es nun, dass „Datenbestände in einem aus der Wissenschaft getriebenen Prozess systematisch erschlossen, langfristig gesichert und entlang der

FAIR-Prinzipien über Disziplinen- und Ländergrenzen hinaus zugänglich gemacht werden“ [aus dem ersten Absatz der o.g. DFG Ausschreibung – die FAIR Prinzipien erläutern wir weiter unten]. Dazu stellt das BMBF im Endausbau jährlich 90 Millionen Euro zur Verfügung, wovon 5 Millionen Euro in den Aufbau und Betrieb eines Direktorats inkl. einer Geschäftsstelle fließen sollen. Es stehen also 85 Millionen Euro (inkl. Programmpauschale) zur Förderung von bis zu 30, aus den wissenschaftlichen Communities zu entwickelnde, Konsortien zur Verfügung, die in den drei Ausschreibungsrunden 2019, 2020 und 2021 Förderung beantragen können. Das Förderprogramm selbst wird von der DFG durchgeführt. Die GAMM unterstützt den Aufbau der NFDI, u.a. durch Ernennung der beiden Autoren zu ihren NFDI Vertretern in den weiter unten beschriebenen Konsortien. Allerdings ist z. Zt. die Rolle der Fachgesellschaften innerhalb der Konsortien und der NFDI noch keineswegs endgültig geklärt.

Wie bereits oben angesprochen, sollen Forschungsdaten, aber auch empirische Datensätze, die zu Forschungszwecken verwendet werden (können), gemäß den FAIR Prinzipien erschlossen, systematisiert und weitest möglich zugänglich gemacht werden. Daten sollen dabei

**F**indable,  
**A**ccessible,  
**I**nteroperable,  
**R**e-usable

sein. Erste „best practice“ Studien, diese Prinzipien – zunächst oft unter dem Begriff RRR (Replicability, Reproducibility, Reusability) untersucht – im Bereich der CSE zu etablieren, finden sich z.B. in [1-4]. Hauptaufgabe der Konsortien wird es sein müssen, zunächst zu analysieren,

<sup>1</sup> Siehe [https://www.dfg.de/foerderung/info\\_wissenschaft/info\\_wissenschaft\\_19\\_37/index.html](https://www.dfg.de/foerderung/info_wissenschaft/info_wissenschaft_19_37/index.html)



was der Datenbegriff in den einzelnen Fächern überhaupt bedeutet, wie die FAIR Prinzipien darauf anzuwenden sind und welche (Infra-)Strukturen geschaffen werden müssen, um den FAIR Prinzipien folgend die jeweiligen Datenbestände langfristig möglichst barrierefrei nutzbar zu machen. Dabei ist jedoch auch wichtig, in Zusammenarbeit der unterschiedlichen Konsortien Gemeinsamkeiten herauszuarbeiten, diese dann fachübergreifend zu nutzen sowie fachspezifische Gegebenheiten zu berücksichtigen. Hierbei ist es erforderlich, dass diese Prozesse aus der Wissenschaft heraus getragen und gesteuert werden, denn die erarbeiteten Konzepte und Regeln werden sicher mittel- bis langfristig auch zu Standards im Reporting von Forschungsergebnissen führen. Bereits bestehende Forschungsdaten-Infrastrukturen sollen dabei möglichst integriert und in die Prozesse eingebunden werden, um auf das dort bereits vielfältig existierende Wissen, nicht zuletzt auch im Bereich der notwendigen informationstechnischen Methoden und Strukturen (Software!) zurückgreifen zu können.

### **Mathematical Research Data Infrastructure - MaRDI**

Der Begriff Daten hat in der Mathematik unterschiedlichste Konnotationen. In erster Linie haben Mathematiker bis zum Ende des 20. Jahrhunderts ihre Informationen aus Artikeln in mathematischen Fachzeitschriften bezogen. Um diesen großen und weiter exponentiell wachsenden „Datenbestand“, der teilweise bis ins 17. Jahrhundert zurückgeht, einfacher zugänglich zu machen, haben sich bereits in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts zwei Servicedienste etabliert, die Kurzzusammenfassungen der mathematischen Literatur zur Verfügung stellen und insbesondere seit deren Digitalisierung die Suche nach mathematischer Fachliteratur erheblich vereinfachen. Einerseits ist dies das 1931 gegründete und heutzutage gemeinsam von der EMS<sup>2</sup>, der Heidelberger Akademie der Wissenschaften und vom FIZ Karlsruhe (Leibniz-Institut für Informationsinfrastruktur) heraus-gegebene „Zentralblatt für Mathematik und ihre Grenzgebiete“ (heute: zbMATH), andererseits MathSciNet, basierend auf den 1940 gegründeten Mathematical Reviews von der AMS<sup>3</sup>. Mit dem FIZ, das die Dateninfrastruktur für zbMATH bereitstellt, steht damit ein kanonischer Partner sowie mit dem zbMATH ein bereits digitalisierter, mit Metadaten versehener und systematisch durchsuchbarer Datensatz als eine Säule für die NFDI in der Mathematik zur Verfügung. Natürlich ist die zbMATH-Datenbank nur ein kleiner Teil der inzwischen in der Mathematik zur Verfügung stehender Teil der Forschungsdaten. Dies reicht von Sammlungen mathematischer Objekte, wie z.B. den „kleinen

Gruppen“ oder geometrischer Objekte, die teilweise bislang nur handschriftlich zusammengetragen wurden, bis zu umfangreichen Simulationsdaten im Bereich CSE. Im ersten Bereich könnte MaRDI die Digitalisierung vorantreiben und solche Sammlungen systematisch der mathematischen Welt zur Verfügung stellen, wobei eine entsprechende Infrastruktur unterstützend dazu kommen muss. Im Bereich CSE kann die angewandte Mathematik nicht alleine agieren, da es hier immer um das Zusammenspiel mit unterschiedlichen Wissenschaftsbereichen geht. Hier sollen anhand von sogenannten „Use Cases“ und Benchmark-Studien „best practice“ Szenarien geschaffen werden, die als Vorbild zur Umsetzung der FAIR bzw. RRR Prinzipien dienen können. Dies soll weitestgehend im Zusammenspiel mit anderen NFDI Konsortien aus den entsprechenden Anwendungsdisziplinen erfolgen, z.B. mit dem im Folgenden vorgestellten NFDI4MSE Konsortium. Das MaRDI Konsortium, bestehend aus derzeit 14 Partnern inkl. FIZ, ZIB und MFO, unter der Führung des WIAS<sup>4</sup> in Berlin wird u.a. von der EMS, der GAMM, der DMV<sup>5</sup> und der GOR<sup>6</sup> sowie den vier mathematischen DFG-Exzellenzclustern MATH+ in Berlin, MathematicsMünster, HCM<sup>7</sup> Bonn und Structures in Heidelberg unterstützt.

### **NFDI für Materials Science and Engineering – NFDI4MSE**

Eines der Ziele der "Materials Science and Engineering" (MSE) ist die Entwicklung, Charakterisierung und Optimierung neuer Materialien und Werkstoffe. Dabei ist die Erhebung, Analyse und die Verknüpfung von Werkstoffdaten ein wichtiger Baustein. Ein besonderer Aspekt ist dabei die intrinsische Mikrostruktur der Werkstoffe, die es erforderlich macht, physikalische oder auch chemische Prozesse auf unterschiedlichen Längen- und Zeitskalen zu berücksichtigen. Das Konsortium NFDI4MSE hat sich zum Ziel gesetzt, eine digitale Plattform zu etablieren, die es Wissenschaftlern ermöglicht, diese Daten nachhaltig zu nutzen. Zum vollständigen Verständnis des Materialverhaltens muss es dabei möglich sein, Informationen über die Historie des Werkstoffs, von der Werkstoffherstellung über unterschiedliche Verarbeitungsschritte bis zur Probenherstellung, zu erfassen, da die aktuelle Mikrostruktur und damit die Eigenschaften von diesen Schritten abhängen.

Um dieses Ziel zu erreichen, plant NFDI4MSE unter anderem die Entwicklung und Umsetzung von Datenformaten und Workflows, die das Arbeiten und den Umgang mit hierarchischen Werkstoffdaten erleichtern. Einerseits sollen diese Formate den Austausch von Daten zwischen Wissenschaftlern erleichtern, andererseits müssen sie eine Datenhoheit, z.B. über eine Regelung von Zugriffsrechten

2 EMS – European Mathematical Society

3 AMS – American Mathematical Society

4 WIAS - Weierstraß-Institut für Angewandte Analysis und Stochastik, Berlin

5 DMV – Deutsche Mathematiker-Vereinigung e.V.

6 GOR – Gesellschaft für Operations Research e.V.

7 HCM - Hausdorff Center for Mathematics, Bonn

und Nutzungsbedingungen, garantieren. Eine Ontologie, die eine Verknüpfung zwischen unterschiedlichen Daten sowie das gezielte Auffinden von Daten ermöglicht, soll unter enger Einbeziehung der Fachcommunity entwickelt und umgesetzt werden. Auf dieser Basis können dann Auswertetools und Analyseverfahren weiterentwickelt und zugänglich gemacht werden und zu einer digitalen Darstellung der Materialien genutzt werden. Diese Grundlagen gestatten es auch Modellierern, zur Validierung ihrer Modelle gezielt auf Datensätze zuzugreifen und so auch ohne eigene Expertise im Bereich der Charakterisierung die Qualität der entwickelten Modelle zu überprüfen. Alle Maßnahmen der NFDI4MSE sollen skalierbar sein, so dass sowohl einzelne Wissenschaftler als auch größere Forschungsgruppen und -konsortien davon profitieren werden. Eine enge Verknüpfung mit geeigneten, existierenden oder neu beantragten Forschungsverbänden wie z.B. Exlnis, SFBs und SPPs dienen dabei als zusätzliche Multiplikatoren.

Unterstützt wird NFDI4MSE auch durch die Fachgesellschaften VDI<sup>8</sup>, DVM<sup>9</sup>, GAMM, DGM<sup>10</sup>.

Weitere Informationen unter: <https://www.nfdi4mse.de>

8 VDI – Verein Deutscher Ingenieure e.V.

9 DVM – Deutscher Verband für Materialforschung und -prüfung e.V.

10 DGM – Deutsche Gesellschaft für Materialkunde e.V.

## Literatur

- [1] J. Fehr, J. Heiland, C. Himpe, J. Saak: Best Practices for Replicability, Reproducibility and Reusability of Computer-Based Experiments Exemplified by Model Reduction Software. *AIMS Mathematics* 1(3):261-281, 2016.
- [2] T. Koprucki, K. Tabelow: Mathematical models: A research data category? In Proceedings of "Mathematical Software - ICMS 2016: 5th International Conference", Berlin, Germany, July 11-14, 2016, G.-M. Greuel, Th. Koch, P. Paule, A. Sommese (Hrsg.), Lecture Notes in Computer Science, Springer International Publishing AG Switzerland, Cham, S. 423-428, 2016.
- [3] M. Kohlhase, T. Koprucki, D. Müller, K. Tabelow: Mathematical models as research data via flexiformal theory graphs. In Proceedings of "Intelligent Computer Mathematics: 10th International Conference, CICM 2017, Edinburgh, UK, July 17-21, 2017", H. Geuvers, M. England, O. Hasan, F. Rabe, O. Teschke (Hrsg.), Springer International Publishing, Cham, S. 224-238, 2017.
- [4] B. Drees, A. Kraft, T. Koprucki: Reproducible research through persistently linked and visualized data. *Opt. Quantum Electron.*, 50:59/1-59/10, 2018.



**Peter Benner** schloss sein Mathematik-Studium an der RWTH Aachen in 1993 mit dem Diplom ab, promovierte 1997 bei Volker Mehrmann an der TU Chemnitz-Zwickau und habilitierte sich 2001 in Mathematik an der Universität Bremen. Nach Stationen an der TU Hamburg-Harburg und der TU Berlin folgte er 2003 dem Ruf auf eine C4-Professur für „Mathematik in Industrie und Technik“ an der TU Chemnitz. 2010 wurde er zum Wissenschaftlichen Mitglied und Direktor am Max-Planck-Institut für Dynamik komplexer technischer Systeme in Magdeburg ernannt. Seit 2011 ist er auch Honorarprofessor an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg. Seine Arbeitsgruppe an der TU Chemnitz führt er seit 2010 in reduziertem Umfang fort. Die Forschungsschwerpunkte liegen im Bereich der Numerischen Linearen und Multilinearen Algebra, insbesondere Eigenwertprobleme, Vorkonditionierung, Matrixgleichungen und Niedrigrang-Matrix-/Tensorfaktorisierungen, sowie der Modellreduktion, Regelung und Steuerung dynamischer Systeme. Besondere Aufmerksamkeit legt er auch auf die Implementierung der entwickelten Methoden auf modernen Rechnerarchitekturen sowie der Bereitstellung der zugehörigen mathematischen Software, z.B. SLICOT, MORLab und M.E.S.S..



**Stefan Diebels** studierte von 1984 bis 1989 an der Technischen Hochschule Darmstadt, der jetzigen TU Darmstadt, Maschinenbau und Mechanik. Anschließend war er Doktorand bzw. Postdoc am Institut für Mechanik der Technischen Hochschule Darmstadt. Die Promotion erfolgte 1992 mit einem Thema aus der Strömungsmechanik. Von 1995 bis 2002 war er Akademischer Rat am Institut für Mechanik (Bauwesen) der Universität Stuttgart, wo er sich 2000 für das Fach Mechanik habilitierte. Seit 2002 ist er Professor für Technische Mechanik an der Universität des Saarlandes. Die Arbeitsgebiete sind die Materialmodellierung von Polymeren und von Werkstoffen mit Mikrostruktur sowie die experimentelle Mechanik.

# LAUDATIO AUF DEN GASTREDNER HENDRIK KUHLMANN BEI DER LUDWIG-PRANDTL-GEDÄCHTNISLESUNG

VON MARTIN OBERLACK

Hendrik Kuhlmann is Professor of the Faculty of Mechanical and Industrial Engineering at Vienna University of Technology and holder of the Institute of Fluid Mechanics and Heat Transfer. He received his Diploma degree in Physics in 1983 from University of Münster, and his Ph.D. degrees in Theoretical Physics in 1986 from University of Saarbrücken. As a Feodor-Lynen scholar of the Alexander von Humboldt foundation he worked from 1987 to 1988 at the Department of Mechanical and Aerospace Engineering of Arizona State University in the United States, and there he finished his first work on thermocapillary convection. Back in Germany, in 1989 he joined the team of Prof. H.-J. Rath at the University of Bremen and established his own research group within the newly founded Center for Applied Space Technology and Microgravity (ZARM) with focus on combustion, thermocapillary convection, cavity flows. During this period, he finished his Habilitation entitled "Thermocapillary Convection in Models of Crystal Growth" in 1997 from University of Bremen. In 2003 Dr. Kuhlmann was appointed full professor for Computational Fluid Mechanics at the Vienna University of Technology. Since then he has been working at the Institute of Fluid Mechanics and Heat Transfer.

The main research field of Dr. Kuhlmann is pattern formation and transition to turbulence. He is well known for his work on thermocapillary convection in models of crystal growth. Furthermore, he is interested in the dynamics and the stability of vortex flows. More recently, he investigated the transport of small particles under the effects caused by the hindered motion of finite-size particles in confined flows. In addition, Prof. Kuhlmann has worked on nonlinear waves, combustion, and heat-transfer problems. Most of his research work is based on numerical techniques even though analytical methods are also employed when possible. Besides these more theoretical approaches, he carried out experiments on hydrodynamic instabilities. Since 2000 he has coordinated an international team of scientists who have carried out experiments under weightlessness conditions on a sounding rocket and who are preparing a space experiment on the ISS.

Prof. Kuhlmann has published more than 80 journal articles, authored two monographs and a textbook in Fluid Mechanics (in German). The work of Prof. Kuhlmann has been supported through various national and international grants (DFG, DLR, ESA, FWF, FFG, ...). In 2003 he successfully initiated the large-scale DFG Priority Program Nano- and Microfluidics: From the molecular motion to the continuous flow. For his outstanding contributions to the field of fluid dynamics he was awarded the ELGRA Medal in 2017 of the European Low Gravity Research Association.

Moreover, Prof. Kuhlmann is active in scientific organizations. He has been Secretary General of the European Low Gravity Research Association and has initiated the Alpe-Danube-Adria Pilot Center of the European Research Community on Flow Turbulence and Combustion (ERCOFTAC), serving as its chairman for many years. He is acting as reviewer for numerous scientific journals and national and international funding organizations and severed on many scientific conference committees and search committees. Prof. Kuhlmann is member of APS, GAMM, EUROMECH, ERCOFTAC, ELGRA, and DHV.



Abb. 1: Hendrik Kuhlmann



Abb. 2: Martin Oberlack

# NACHRUF: REINHARD MENNICKEN

VON CHRISTIANE TRETTER

Professor Dr. Reinhard Mennicken, born March 16, 1935, in Cologne passed away on Thursday, June 13, 2019, at the age of 84 years. He received his PhD in 1963 under the supervision of Professor Dr. Friedrich Wilhelm Schäfer and his Habilitation in 1968, both at the University of Cologne. From 1971 until his retirement in 2000 he held a chair at the University of Regensburg and in between, in 1974/75, at the Technical University Braunschweig. As a mathematician his research focused on differential equations and spectral theory, with special emphasis on applications in engineering and physics.

Reinhard Mennicken gained wide international recognition by serving as Secretary, President and Vice-President of the Gesellschaft für Angewandte Mathematik und Mechanik (International Association of Applied Mathematics and Mechanics), GAMM, from 1988 to 1998, as President of the International Council for Industrial and Applied Mathematics, ICIAM, from 1995 to 1999, as Editor of GAMM Mitteilungen and ZAMM, and as Editor-in-Chief of Mathematische Nachrichten for 20 years from 1992 to 2011. He organized and co-organized numerous large international and national conferences, including the Annual Meetings of the GAMM in 1984 and 1997, of the Deutsche Mathematiker Vereinigung (German Mathematical Association), DMV, in 1988, the International Symposium on the Mathematical Theory of Networks and Systems, MTNS, in 1993, the International Workshop on Operator Theory and Applications, IWOTA, in 1995, all held in Regensburg with several hundreds of participants, and peaking with ICIAM 1995 in Hamburg with more than 2000 participants, jointly with Professor Dr. Oskar Mahrenholtz.

After the fall of the Iron Curtain in 1989 Reinhard Mennicken was a key player in establishing fruitful collaborations with mathematicians from the former Soviet Union with the support of Deutsche Forschungsgemeinschaft, DFG, and Deutscher Akademischer Austauschdienst, DAAD. He attracted three Humboldt Prizes to the University of Regensburg, awarded to Professors F.V. Atkinson, I.C. Gohberg and M.A. Krasnosel'skii.

Reinhard Mennicken had one daughter and three sons, one of whom holds a PhD in mathematics as well, and two adopted children.

Academically, he had 15 PhD students; four of them hold professorships, two in Germany, one in South Africa and one in Switzerland. My sincere thanks go to Professor Mennicken as my academic teacher, for all that I learned



from him over many years since I first attended one of his seminars more than 30 years ago.

I am not in a position to honour Reinhard Mennicken's achievements for GAMM since I have never had an official function within GAMM. Upon requests from international colleagues, who showed great appreciation for all the time and energy he dedicated to make GAMM a thriving scientific association, a condolence website has been set up to commemorate Reinhard Mennicken and share photos:

<https://www.gatheringus.com/memorial/professor-dr-reinhard-mennicken/1078>

Special thanks go to Dr. Marilene Balbi without whom I and many colleagues would not have learned about this loss and to Dr. Joerg Mennicken for finding the memorial site above.

Prof. Dr. Christiane Tretter  
University of Bern, 15th July 2019

# NACHRUF: ERWIN STEIN

VON PETER WRIGGERS

Es ist nicht leicht Erwin Stein zu charakterisieren, denn seine Arbeitsgebiete waren vielfältig und äußerst verschieden. Da gab es den erfolgreichen Hochschullehrer Prof. Stein, der eine ganze Generation von Bauingenieuren in der Mechanik ausgebildet hat und der national und international vielfach wegen seiner wissenschaftlichen Arbeiten ausgezeichnet wurde. Daneben begleitete Erwin Stein als Bau- und Prüflingenieur der großen Bauten im Raum Hannover. Und dann gab es noch den Ausstellungsmacher und Leibnizforscher, mit der von ihm entworfenen und kuratierten Leibnizausstellung. Die Facetten seines Schaffens und seine Interessen waren so umfangreich, dass hier nur Ausschnitte beleuchtet werden sollen, die die GAMM betreffen.

Erwin Stein hat sich unermüdlich für die Zusammenarbeit von Kollegen der Mechanik und der Mathematik eingesetzt. Das begann bereits mit dem leider früh verstorbenen Kollegen Werner aus der Mathematik Ende der 70iger Jahre, wo viele gemeinsame Seminare stattfanden. So war es nur zwangsläufig, dass sich eines von Erwin Stein's frühen DFG-Projekten mit „a posteriori“ Fehlerschätzern für Platten beschäftigte und von zwei Doktoranden – einer aus der Mathematik und einer aus dem Ingenieurwesen – bearbeitet wurde. Erwin Stein hat die enge Zusammenarbeit der Mechanik und der Mathematik immer gefördert und so später den Fachausschuss „Diskretisierende Methoden in der Festkörpermechanik“ gegründet, aus dem heraus auch eine richtungsweisende Forschergruppe entstand, an welcher Mathematiker und Mechaniker im gleichen Maße beteiligt waren.

Darüber hinaus hat er einen GAMM Ausschuss zur Didaktik in der Mechanik ins Leben gerufen, in dem eine Denkschrift im Jahre 1999 verfasst wurde, um einer Reduzierung der Lehre im Fach Mechanik im Rahmen der Bachelor- Masterausbildung zuvor zu kommen.

Auch in den Gremien der GAMM hat sich Erwin Stein engagiert und war Mitglied im Vorstandsrat der Gesellschaft für Angewandte Mathematik und Mechanik.

Die von ihm in 1990 ausgerichtete GAMM Tagung in Hannover nahm Erwin Stein zum Anlass, eine Ausstellung zum Werk von Leibniz auszurichten, der von 1676 bis zu seinem Tod 1716 in Hannover wirkte. Seine eigenen Forschungen zu Leibniz waren sicher auch die Triebfeder, die zu seinem Vorschlag führte, die Sektion „Geschichte der Mechanik“ in den GAMM Tagungen aufzunehmen. Hier hat er sich in der Organisation aber auch durch eigene Vorträge – sogar noch auf der GAMM-Tagung 2018 in München – sehr stark engagiert.



Dieses unermüdliche Einsetzen für die Belange der GAMM auf unterschiedlichen Ebenen führte dazu, dass ihn die GAMM im Jahre 2011 zum Ehrenmitglied ernannte.

Die GAMM hat mit Erwin Stein einen Förderer und kritischen Geist verloren, der sich unermüdlich für die Zusammenarbeit zwischen Mathematik und Mechanik eingesetzt hat.

Wir werden ihn wegen seiner Forschungen, seiner engagierten Vorträge und regen Diskussionsbeiträge und als manchmal auch unbequemen Geist in bleibender Erinnerung behalten und ihm ein ehrendes Andenken bewahren.

Prof. Dr.-Ing. Peter Wriggers  
Leibniz Universität Hannover, den 12. Juli 2019



# GAMM WIEN 2019





# GAMM 2019 IN WIEN

VON JOSEF EBERHARDSTEINER UND JOACHIM SCHÖBERL

Vom 18. bis 22. Februar 2019 wurde die 90. Jahrestagung der GAMM von der Technischen Universität Wien veranstaltet.

Die Jahrestagung fand in den Räumlichkeiten des Hauptgebäudes der Universität Wien statt. Das Gebäude mag für die Teilnehmer auf den ersten Blick auf Grund der symmetrischen Gebäudestruktur und den vielen Stiegenhäusern zwar verwirrend und undurchschaubar erschienen sein, das prunkvolle Ambiente der Festsäle hat dies aber mehr als wettgemacht und die Teilnehmer sehr beeindruckt.

Die Organisatoren fühlten sich sehr geehrt, dass die GAMM Jahrestagung nun bereits das vierte Mal in Österreich stattfand. Nach 31 Jahren ist die GAMM Jahrestagung wieder nach Wien zurückgekehrt – im Jahr 1988 wurde die GAMM Jahrestagung von Prof. Kurt Desoyer und Prof. Inge Troch in Wien veranstaltet und hatte bereits damals 930 Teilnehmer.

Die Anzahl der Abstracteinreichungen hat all unsere Erwartungen übertroffen – es wurden über 1.100 Beiträge eingereicht. Das Tagungsprogramm umfasste schlussendlich 927 Vorträge in den 24 Sektionen, 28 Vorträge in den Minisymposia, 27 in Young Researchers' Minisymposia, 47 Vorträge in DFG Priority Program Sessions

sowie 19 Poster der GAMM Junioren. Das Programm umfasste 220 Sessions, die in bis zu 25 zeitgleichen Sessions abgehalten wurden.

Als Plenary Lecturer im Bereich Mathematik konnten wir Prof. Dieter Bothe (TU Darmstadt), Prof. Daniel Cremers (TU München) und Prof. Robert Scheichl (Universität Heidelberg) begrüßen. Leider musste Prof. Barry Smith (Argonne National Laboratory, Chicago) seine Teilnahme krankheitsbedingt kurzfristig absagen. Im Bereich der Mechanik haben Prof. Dwight Barkley (University of Warwick), Prof. Peter Betsch (KIT Karlsruhe), Prof. Christian Hellmich (TU Wien) und Prof. Dennis Kochmann (ETH Zürich) eine Plenary Lecture gehalten.

Diesjähriger Preisträger der Ludwig Prandtl Memorial Lecture war Prof. Hendrik Kuhlmann (TU Wien). Die Richard von Mises Lecture teilten sich Dr. Philipp Junker (Ruhr-Universität Bochum) und Dr. Dietmar Gallistl (University of Twente).

Bei der GAMM Jahrestagung 2019 durften wir insgesamt 1270 Teilnehmer aus 34 Ländern begrüßen, wobei rund 90 % aus dem deutschsprachigen Bereich kamen – 859 aus Deutschland, 229 aus Österreich und 24 aus der Schweiz.

Die Eröffnung am Montag, den 18.2. wurde von Mitgliedern des Orchesters der Technischen Universität







Wien musikalisch untermalt. Neben der Begrüßungsansprache durch die Präsidentin der GAMM, Prof. Heike Faßbender, hießen die „Hausherren“ Prof. Regina Hitzberger, Vizerektorin für Infrastruktur der Universität Wien und Prof. Josef Eberhardsteiner, Ko-Organisator und Vizerektor für Digitalisierung und Infrastruktur der TU Wien die Teilnehmer herzlich willkommen.

Am Montag Abend fand die Welcome Reception – als Kontrapunkt zum bekannten und vielfach geschätzten klassischen Wien-Angebot – im orientalischen Lokal Aux Gazelles statt.

Die Organisatoren freuten sich sehr über die zahlreiche Teilnahme bei der Public Lecture am Dienstag, bei der Prof. Helmut Pottmann (KAUST, Saudia Arabien & TU Wien) einen sehr spannenden und praktisch anschaulichen Vortrag zum Thema „Architectural Geometry“ gehalten hat.

Am Mittwoch fand zu Mittag der mittlerweile bereits traditionelle YAMM Lunch der GAMM Junioren im Kleinen Festsaal der Universität Wien statt. Die Organisatoren waren begeistert über die zahlreiche Teilnahme und die rege Diskussion mit den Experten.

Ein Highlight der GAMM Jahrestagung 2019 war mit Sicherheit das Bankett im prunkvollen Festsaal des Wiener Rathauses. Die Organisatoren sind der Stadt Wien sowohl für die Ermöglichung dieses eindrucksvollen Konferenzevents im Rathaus als auch für die finanzielle Unterstützung sehr dankbar. Der von geselligem Networking der Tagungsteilnehmer geprägte Abend wurde

durch – zum Teil recht launige – Grußworte des Vertreters der Stadt Wien, Gemeinderat Dipl.-Ing. Omar Al-Rawi eingeleitet.

Die Arbeit für die Organisatoren endete nicht mit der GAMM Jahrestagung selbst. Nach der Jahrestagung waren noch die Einreichungen der Beiträge für die PAMM zu bearbeiten. Wir freuen uns auch hier über das große Interesse: Es wurden insgesamt 484 Beiträge eingereicht, begutachtet, teilweise überarbeitet und schlussendlich zur Veröffentlichung angenommen.

Die Organisation der GAMM Jahrestagung 2019 wäre ohne die finanzielle Unterstützung durch Sponsoren, Aussteller und die Stadt Wien nicht möglich gewesen. Wir sind der Technischen Universität Wien und der Universität Wien für die organisatorische und auch finanzielle Unterstützung überaus dankbar. Ein großer Dank geht an die vielen Helfer vor Ort – in den Hörsälen sorgten 40 Kollegen und Kolleginnen für den reibungslosen Ablauf. Unser Dank geht auch an das Team von Mondial Congress für die wertvolle Unterstützung bei der Administration. Last but not least – ein herzliches Dankeschön an Mag. (FH) Martina Pöll, die federführend die Organisation der Jahrestagung geleitet und sich um die vielen kleinen und großen Details gekümmert hat.

Dem Feedback der Teilnehmer und Teilnehmerinnen folgend, war die 90. GAMM Jahrestagung ein gelungener wissenschaftlicher Event. Danke!





## GAMM 2019 IN VIENNA: OPENING SPEECH

HEIKE FABBENDER

### ***Ladies and Gentlemen, dear Colleagues,***

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

In particular I would like to welcome Vice-Rector Hitzemberger. We are honored that the University of Vienna made it possible to accommodate our GAMM annual meeting.

Thanks to the local organizers Josef Eberhardsteiner, Joachim Schöberl, Martina Pöll and their big team for giving us the chance to visit Vienna, for taking on the burden to organize this big meeting and for all the hard work that they have put into this. This is the third time that GAMM has been invited to Vienna. The meeting in 1988 must have been a real special one from what I have been told. It set extremely high standards and expectations. I am convinced you made sure that we will have another excellent meeting here in Vienna!

This is my third and last annual Meeting as president of GAMM and I consider it a great honor and privilege to stand here and address you on the occasion of the opening of this 90th annual meeting of GAMM. As in the past years I will make use of this opportunity and comment on two recent developments.

The first item on my list are the recent calls for open professor positions in Applied Mathematics at German universities. It seems as if the traditional research fields which belong to the heart of GAMM are no longer at the forefront of interest. Researchers working on Mathematics of Data Science are sought much more often than researchers working on more

classical topics such as numerical methods and analysis for partial differential equations. As the current hot topic, Mathematics of Data Science is not yet fully defined as a field of research. The calls from different universities are looking for researchers working on very different topics. One might hope that this trend outlives itself and that the classical topics will regain strength. But I think that would be in vain. Instead, we should pick up these new research areas, incorporate them into GAMM and make sure that we have our say in it. Similar comments apply to other new emerging fields in applied mathematics and mechanics. We need to broaden the scope of research topics in GAMM without losing the heart of GAMM. We should take a stand and promote the understanding that the technology of the 21st century is not only about computer science and artificial intelligence, but a thorough understanding of the classical sciences and engineering is required to make the best use of digitalization in industry and daily life! New activity groups on such topics will be a good way to integrate new trends into GAMM. We should not just let other communities shape new emerging fields which are also important to us, we should take action and try to make our mark!

The second item on my list of developments I would like to make a comment about is that GAMM's membership is not healthy. We have by no means enough young members. GAMM must continue to enhance membership benefits and work hard to attract and retain student members, who are the future of the society. The GAMM juniors have established themselves as a vital part of GAMM. The newly established GAMM student chapters are on their way to do so as well. Both groups have given and will give fresh impetus

and help us to make GAMM fit for the future. But we need to do much more. We need to make the annual meeting more attractive for young academics in order to draw new blood into GAMM. Of course, there is a huge number of young participants at the annual meetings. Most of them are asked by their advisor to attend the meeting and give one of their first conference talks. But way too often, they have the impression that there is no additional benefit for them. Why should they become GAMM members? There needs to be more than just giving a talk and attending one or two invited lectures on a topic that is interesting to them.

Of course, it would be great if the more senior participants would act as role models and attend almost all plenary talks in order to convey the idea that broadening ones mind and learning about the recent developments in related fields is a major part of science. This benefit of the annual meeting comes for free for everyone, not just for the young researchers. The GAMM juniors have suggested to implement thematic short courses at the annual meeting. These short courses shall provide a basic/low-level introduction to more advanced topics presented at the plenary lectures or minisymposia and make the academic part of the annual meeting more accessible to young researchers. The GAMM juniors plan to offer such thematic short courses at next years annual meeting for the first time. Other suggestions on how to make the GAMM annual meeting (and GAMM in general) more attractive for young researchers are welcome! Our current presence in the social media also does not help to attract young researchers. The GAMM web site has provided good service for a number of years, but is in need of a major redesign as well as a modern responsive design and a timely news feed. Besides our out of time web site, there is no social media presence of GAMM at all. We do need to be much more up to date on this.

As already said last year, to me, GAMM stands for

- the annual meeting
- the activity groups
- the interdisciplinary research in applied mathematics and mechanics in Germany
- the involvement in a number of European and international societies

But there is more. As in the past, GAMM was granted the right to nominate candidates for the DFG Review Board Election (Fachkollegienwahl in German). The final list of candidates for the different review boards will be published in July, the elections will take place October 21 to November 18. All researchers holding a doctorate are eligible to vote if they work in a Germany based scientific or academic research at an established voting center. Please make sure that you are registered as a voter and make use of your right to vote.

GAMM is also active in other areas, e.g., in the discussion concerning the national research data infrastructure (Nationale Forschungsdateninfrastruktur (NFDI) ) or in supporting project proposals in the "dritte Förderlinie "Innovationspotenziale digitaler Hochschulbildung" des BMBF-Programms "Forschung zur digitalen Hochschulbildung"". The National Research Data Infrastructure aims to systematically exploit, sustainably secure and make available the databases of science and research, and to network (inter-)

nationally. It will be built in a process driven by science as a networked structure of self-initiative consortia. I think it is important that we are involved in this so that this process is really driven by science and not by some bureaucrats. Initiatives as well in mathematics as in mechanics are about to establish consortia and to take first steps in order to participate in this process.

The objective of the BMBF funding program "Forschung zur digitalen Hochschulbildung" is (among other topics) research, development and testing of disciplinary and subject-related digital teaching and learning concepts as well as the further development of teaching and examination formats within the subject cultures. Some of our colleagues are quite active in this area and asked GAMM to support their draft grant proposal. We happily did so and hope that they get the chance to submit a full proposal.

Traditionally, at the end of the speech of the president, the Richard-von-Mises prize winner is announced. As you certainly know, since 1989 every year one or two outstanding contributions in the field of applied mathematics and mechanics have been awarded the Richard-von-Mises prize. The prize is named after Richard von Mises, who together with Ludwig Prandtl founded our society, the GAMM, in 1922. The impressive list of awardees can be found on the GAMM webpage. The prize committee consists of our colleagues Jacobs (Wuppertal), Kuhlmann (Wien), Lammering (Hamburg), Wieners (Karlsruhe) and was headed by myself ex officio as the current president. We had the hard work to pick the best among nine very good nominations. This year we will have two prize winners which I will announce in alphabetical order. The Richard von Mises prize winners 2019 are Dr. Dietmar Gallistl from Twente and Dr.-Ing. Philipp Junker from Bochum.

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

The prize is awarded to Dietmar Gallistl in recognition of his outstanding work "on the discretization of high-order elliptic problems".

The prize is awarded to Philipp Junker in recognition of his outstanding contributions "to the continuum mechanical modeling of complex solid materials".

Please attend the Richard-von-Mises-prize lecture on Wednesday, at half past ten.

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

After some more music 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 German Society for Aeronautics and Astronautics, in short DGLR.

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

Heike Faßbender,  
GAMM President

# BESCHLUSSPROTOKOLL ZUR HAUPTVERSAMMLUNG 2019 DER GESELLSCHAFT FÜR ANGEWANDTE MATHEMATIK UND MECHANIK E.V.

Die Hauptversammlung der GAMM fand während der Jahrestagung 2019 am Mittwoch, dem 20. Februar 2019, in der Zeit von 11.30 – 12:30 Uhr, im BIG-Hörsaal der Universität Wien statt.

Zu Beginn der Veranstaltung waren 185 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 Januar 2019 schriftlich eingeladen. Als neuer Tagesordnungspunkt 6 wird „Ehrungen“ eingefügt:

## Tagesordnung

1. Bericht der Präsidentin
2. Bericht der Schatzmeisterin
3. Bericht der Kassenprüfer
4. Diskussion / Entlastung des Vorstands
5. Wahlen

### Mitglieder des Vorstandes

Prof. H. Faßbender (Präsidentin), Braunschweig, Amtszeit bis 2019, nicht wieder wählbar

Prof. W. Ehlers (Vizepräsident), Stuttgart, Amtszeit bis 2019, nicht wieder wählbar  
(Amt wird satzungsgemäß durch die ausscheidende Präsidentin ersetzt)

Prof. R. Müller (Vizesekretär), Kaiserslautern, Amtszeit bis 2019, wieder wählbar

### Mitglieder des Vorstandsrats

Prof. H. Abels, Regensburg, 1. Amtszeit bis 2019, wieder wählbar

Prof. J. Eberhardsteiner, Wien, 2. Amtszeit bis 2019, nicht wieder wählbar

Prof. Ch. Egbers, Cottbus, 2. Amtszeit bis 2019, nicht wieder wählbar

Prof. B. Kaltenbacher, Klagenfurt, 1. Amtszeit bis 2019, wieder wählbar

Prof. A. Klawonn, Köln, 1. Amtszeit bis 2019, wieder wählbar

Prof. S. Leyendecker, Erlangen, 2. Amtszeit bis 2019, nicht wieder wählbar

### Kassenprüfer, Wahlkommission

6. Ehrungen
7. Fachausschüsse
8. Verschiedenes

## 1. Bericht der Präsidentin

Die Präsidentin informiert über

- das Ableben von Mitgliedern der Gesellschaft,
- die Vorbereitung und Planung der zukünftigen GAMM-Jahrestagungen,
- die Mitgliederbewegung im letzten Jahr,
- die GAMM-Publikationen,
- die Vergabe des Richard-von-Mises-Preises und der Dr.-Klaus-Körper-Preise,
- die GAMM-Junioren und die GAMM-Nachwuchsgruppen,
- die aktuellen Wahlen,
- die nationalen Sektionen.

Herr Wriggers spricht nach dem Gedenken der verstorbenen Mitglieder einen Nachruf für das verstorbene GAMM-Ehrenmitglied Prof. Stein.

## 2. Bericht der Schatzmeisterin

Die Schatzmeisterin, Frau Walther, stellt den Kassenbericht für den Zeitraum vom 01.01.2018 bis 31.12.2018 vor und berichtet, dass eine positive Bilanz erzielt werden konnte. Das erfreuliche Ergebnis ist allerdings teilweise auf einmalige Konsolidierungseffekte zurückzuführen. Anfragen wurden nicht gestellt.

## 3. Bericht der Kassenprüfer

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

## 4. Diskussion/Entlastung des Vorstands

Der Kassenprüfer Herr Beitelschmidt stellt den Antrag auf Entlastung der Schatzmeisterin. Mit einer technischen Enthaltung wird der Antrag angenommen. Herr Mehrmann stellt den Antrag auf Entlastung des gesamten Vorstands. Mit fünf technischen Enthaltungen wird dem Antrag zugestimmt.



## 5. Neuwahlen

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

### Mitglieder des Vorstandes

Prof. J. Schröder (Präsident), Essen  
 Prof. R. Müller (Vizesekretär), Kaiserslautern, Amtszeit bis 2019, wieder wählbar

### Mitglieder des Vorstandsrats

Prof. H. Abels, Regensburg, 1. Amtszeit bis 2019, wieder wählbar  
 Prof. O. Ernst, Chemnitz  
 Prof. G. Hofstetter, Innsbruck  
 Prof. B. Kaltenbacher, Klagenfurt, 1. Amtszeit bis 2019, wieder wählbar  
 Prof. A. Klawonn, Köln, 1. Amtszeit bis 2019, wieder wählbar  
 Prof. J. Sesterhenn, Berlin

### Wahlergebnis

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

### Mitglieder des Vorstands

Präsident	Jörg Schröder	305 Stimmen	(25 Enth.)
Vizesekretär	Ralf Müller	289 Stimmen	(41 Enth.)

### Mitglieder des Vorstandsrats

Angewandte Analysis: Helmut Abels, 268 Stimmen (62 Enth.)  
 Numerische Mathematik: Oliver Ernst, 267 Stimmen (63 Enth.)  
 Festkörpermechanik: Günter Hofstetter, 262 Stimmen (68 Enth.)  
 Angewandte Analysis: Barbara Kaltenbacher, 292 Stimmen (38 Enth.)  
 Numerische Mathematik: Axel Klawonn, 287 Stimmen (43 Enth.)  
 Strömungsmechanik: Jörn Sesterhenn, 266 Stimmen (64 Enth.)

Die jeweilige Amtszeit beginnt am 1. Januar 2020 und endet am 31. Dezember 2022. Alle gewählten Personen hatten sich zur Ausübung des Amtes im Fall der Wahl bereit erklärt.

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

Einstimmig mit zwei technischen Enthaltungen werden Herr Beiteltschmidt und Herr Neukamm als Kassenprüfer für ein weiteres Jahr in offener Abstimmung gewählt.

Ebenso in offener Abstimmung werden die Mitglieder der Wahlkommission, Frau Kaltenbacher, Frau Leyendecker, Herr Abels und Herr Seifried, für eine dreijährige Amtsperiode bei vier technischen Enthaltungen gewählt.

## 6. Ehrungen

Frau Kaltenbacher stellt den Antrag vor, Herrn Wendland die Ehrenmitgliedschaft der GAMM zu verleihen. Herr Wendland ist nach den Wahlen nicht in den Sitzungsraum zurückgekehrt. Die ausführliche Begründung für die Erteilung dieser Ehre wird von den Herren Hackl, Langer und Schiehlen durch detaillierte Statements unterstützt. Einstimmig beschließt die Mitgliederversammlung, Herrn Wendland die Ehrenmitgliedschaft zu verleihen. Nachdem Herr Wendland wieder in den Versammlungsraum gebeten wurde, gratuliert die Präsidentin dem Geehrten mit einem Blumenstrauß.

## 7. Fachausschüsse

Der Vizesekretär, Herr Müller, berichtet über die Evaluierung der Fachausschüsse „Stochastische Optimierung in der Technik“, „Dynamik und Regelungstheorie“, „Analyse von Mikrostrukturen“ sowie die Einrichtung des neuen Fachausschusses „Computational and Mathematical Methods in Data Science“. Der Vizesekretär gibt den Hinweis auf die Evaluierungen für das Jahr 2020 im Hinblick auf die Fachausschüsse „Computational Science and Engineering (CSE)“, „Uncertainty Quantification“ und „Mathematische Signal- und Bildverarbeitung“. Ergänzungen oder Anfragen zu dem Bericht liegen nicht vor.

## 8. Verschiedenes

Es liegen keine Wortmeldungen vor.

Die nächste Hauptversammlung findet voraussichtlich am 18. März 2020 in Kassel statt.

Heike Faßbender  
 Präsidentin  
 Braunschweig, 10.06.2019

Michael Kaliske  
 Sekretär  
 Dresden, 10.06.2019

# BERICHT DER PRÄSIDENTIN AN DIE MITGLIEDER DER GAMM AUF DER MITGLIEDERVERSAMMLUNG AM 20. FEBRUAR 2019 IN WIEN

Liebe Kolleginnen und Kollegen,  
meine Damen und Herren,

ich begrüße Sie sehr herzlich zur diesjährigen Mitglieder-  
versammlung der „Gesellschaft für Angewandte Mathe-  
matik und Mechanik“, der GAMM.

## Verstorbene Mitglieder

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

- Prof. Dr. Helen Aleksandrovna  
Kosachevskaya, Moskau
- Prof. Dr. Donald C. Pack, Glasgow
- Prof. Dr. Willi Törnig, Darmstadt
- Prof. Dr.-Ing. Jan Vrbka, Brno
- Prof. Dr.-Ing. Siegfried Wagner, Stuttgart
- Prof. Dr. Helge Bergander, Dresden
- Prof. Dr. Wolfgang Bühring, Heidelberg
- Prof. Dr. Robert Goldstein, Moskau
- Prof. Dr. Rudolf Gorenflo, Berlin
- Prof. Gerhard Gruber, Dieburg
- Prof. Dr. Werner Krabs, Darmstadt
- Prof. Alexander Vladimirovich Manzhirou, Moskau
- Prof. Vladimir Palmov, St. Petersburg
- Dr. Calin Vamos, Cluj-Napoca
- Prof. Dr. Peter Werner, Stuttgart
- Prof. Karl Josef Witsch, Essen
- Prof. Erwin Stein, Hannover – Ehrenmitglied
- Prof. Dr. Hartmut Bremer, Linz
- Prof. Dr. Marcel Berveiller, Metz
- Prof. Dr.-Ing. Bernd Kröplin, Stuttgart
- Prof. Dr.-Ing. Lothar Gaul, Stuttgart
- Prof. Dr.-Ing. Hans Dresig, Chemnitz

Allen Verstorbenen wird die Gesellschaft für Angewandte  
Mathematik und Mechanik ein ehrendes Gedenken be-  
wahren.

Ich darf Sie bitten, sich zum Zeichen der Trauer und der  
Anteilnahme von Ihren Plätzen zu erheben.

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

Zu Ehren des verstorbenen Ehrenmitglieds Erwin Stein  
wird nun Kollege Wriggers einige Worte sprechen.

Nun fahren wir mit meinem Bericht fort. Zunächst möchte  
ich mich im Namen der GAMM bei den örtlichen Tagungs-  
leitern, unseren Kollegen Herrn Josef Eberhardsteiner und  
Herrn Joachim Schöberl bedanken, die uns mit ihrem Team

hier in Wien mit großem Einsatz eine sehr gut organisier-  
te GAMM-Jahrestagung bieten. Besonders hervorheben  
möchte ich dabei Frau Martina Pöll, deren unermüdlicher  
Einsatz maßgeblichen Anteil an dem reibungslosen Verlauf  
der Jahrestagung hat. Allen einen ganz herzlichen Dank!

## Nächste Jahrestagungen

Im kommenden Jahr wird die Jahrestagung der GAMM  
vom 16. bis zum 20. März 2020 in Kassel stattfinden.  
Diese Tagung steht unter der Leitung unserer Kollegen  
Detlef Kuhl, Olaf Wünsch, Andreas Ricoeur und Andre-  
as Meister. Der Programmausschuss hat am Dienstag-  
vormittag getagt und ein vielfältiges Programm zusam-  
mengestellt. Ich hoffe, dass alle Einladungen, die nun zu  
Hauptvorträgen, Minisymposien und Sektionsleitungen  
ausgesprochen werden, angenommen werden, so dass  
wir in Kassel erneut eine anregende Jahrestagung mit  
interessanten Vorträgen erleben werden.

Seitens der GAMM wurden für die folgenden Jahre wei-  
tere Einladungen angenommen:

- 2021: Aachen, Tagungsleitung Reese/Markert
- 2022: Dresden zur 100-Jahr-Feier der GAMM,  
Tagungsleitung Kaliske/NN
- 2023: Magdeburg, Tagungsleitung Altenbach/Benner
- 2024: Duisburg-Essen, Tagungsleitung Schröder/  
Starke

An dieser Stelle möchte ich wie in den beiden letzten  
Jahren betonen, dass nicht die GAMM die Jahresta-  
gungen veranstaltet. Das komplette, insbesondere fi-  
nanzielle, Risiko trägt das lokale Organisationsteam. Es  
ist daher extrem erfreulich, dass wir auch für die kom-  
menden Jahre Bewerbungen um die Ausrichtung der  
GAMM-Jahrestagung vorliegen haben. Den Kollegen  
und Kolleginnen, die diese Aufgabe übernehmen, kann  
nicht genug im Namen der GAMM gedankt werden.

## Mitgliederbewegungen

Mitte Februar hatte die GAMM 1364 beitragszahlende  
Mitglieder, davon 138 Mitglieder, die über ein Reziprozi-  
tätsabkommen einen ermäßigten Beitrag zahlen und 1065  
„Vollzahler“. Zudem gibt es 134 Mitglieder, die z.B. weil sie  
unter 32 Jahre alt oder emeritiert sind oder als Studierende  
immatrikuliert sind, einen ermäßigten Beitrag zahlen. Au-  
ßerdem gibt es aktuell 17 universitäre Einrichtungen, die  
Mitglieder sind.

Es gab 156 Eintritte bei 431 Austritten, wobei hier die To-  
desfälle schon mitberücksichtigt sind. Die recht hohe Zahl  
an Austritten erklärt sich durch das von unserer neuen  
Schatzmeisterin konsequent verfolgte Mahnen ausste-

hender Mitgliedsbeiträge und der Umsetzung der Beschlüsse zu den diversen Kategorien an Mitgliedschaften, die bei den meisten Mitgliedern zu einer Erhöhung des Mitgliedsbeitrags geführt haben. Wie Sie später im Bericht unserer Schatzmeisterin sehen werden, hat sich das Mahnen ausstehender Mitgliedsbeiträge gelohnt. Abweichungen in den Zahlen zu einzelnen Kategorien an Mitgliedschaften im Vergleich zu den letzten Jahren ergeben sich insbesondere aufgrund der konsequenten Neustrukturierung der GAMM-Datenbank, so dass ein direkter Vergleich der Zahlen zum letzten Jahr nicht immer möglich ist.

Konkret gab es mit Stand 12.02.2019

Persönlichen GAMM-Mitglieder	1065
Studenten	4
Temporär beitragsfreie Mitglieder (Junioren, Preisträger, Student Chapter)	103
Ermäßigt unter 32 Jahre	82
Emeritierte Mitglieder	52
Universitäre Einrichtungen	17
Korporative Mitglieder	0
Reziproke Mitglieder	138
Lebenslange Mitgliedschaft	6
Gesamtanzahl GAMM-Mitglieder	1467

Erfreulicherweise hat die Einführung einer lebenslangen Mitgliedschaft schon positive Resonanz gefunden, neben den sechs aufgelisteten lebenslangen Mitgliedschaften liegen weitere Anträge vor, so dass sich die Zahl in diesem Jahr weiter erhöhen wird. 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.

Wir hatten zudem die neue Mitglieds-kategorie „Korporatives Mitglied“ eingeführt und die Mitglieds-kategorie „Universitäres Mitglied“ neu definiert. Hier haben wir es versäumt, Sie umfassend zu informieren. Dies möchte ich daher nun nachholen. Eine korporative Mitgliedschaft kostet 500€ im Jahr und beinhaltet neben dem kostenlosen Bezug des GAMM-Rundbriefes, dem kostenlosen Zugang zur PAMM und dem Stimmrecht in der Hauptversammlung durch einen Delegierten insbesondere, dass sich bis zu sieben Personen zum Tagungsbeitrag für GAMM-Mitglieder zur GAMM-Jahrestagung anmelden können. Eine universitäre Mitgliedschaft kostet 55€ im Jahr und beinhaltet den kostenlosen Bezug des GAMM-Rundbriefes und den kostenlosen Zugang zur PAMM.

An dieser Stelle möchte ich abschließend auf die aus meiner Sicht deutlich zu geringe Zahl von 82 Mitgliedern, die den ermäßigten Beitrag für Mitglieder unter 32 Jahren zahlen, hinweisen. Darauf bezog sich in meiner Eröffnungsrede meine Anmerkung „the GAMM membership is not healthy“.

### GAMM-Publikationen

Zu unseren Publikationen gibt es nicht viel Neues zu berichten.

Der GAMM-Rundbrief lag weiterhin in den bewährten Händen der Kollegen Klawonn und Schröder, denen auch



in diesem Jahr wieder unser Dank für ihr Engagement für den interessanten und gern gelesenen Rundbrief gebührt. Hier wird es vermutlich zum Jahresende einen Herausgeberwechsel geben.

ZAMM, PAMM und die GAMM-Mitteilungen erscheinen ab sofort nur noch online. Die Steigerung des Impact-Factors der ZAMM von 0.948 im Jahr 2012 auf nun mehr 1.290 ist eine sehr positive Entwicklung. Allen Subject Editors-in-Chiefs und dem gesamten Editorial Board danke ich ganz herzlich für ihren Einsatz.

Bei den GAMM-Mitteilungen hat ein neues Editorial Board die Arbeit aufgenommen. Herzlichen Dank an die Kollegen Ehlers und Menzel für ihr Engagement seitens des Vorstandes der GAMM und als Haupteditor. Es werden ab sofort 4 Hefte/Jahr erscheinen, so dass eine Aufnahme in die gängigen Zitationsindices (Scopus, Web of Science, etc.) möglich ist.

Bitte unterstützen Sie unsere Publikationen weiterhin aktiv mit Ihren wissenschaftlichen Beiträgen, um sowohl den Rundbrief als auch die Mitteilungen auf dem hohen Niveau zu halten, das auch mit Ihrer Hilfe erreicht wurde.

### Richard-von-Mises-Preis

Der Richard-von-Mises-Preis ist dieses Jahr wieder als Richard-von-Mises-Preis der „Dr.-Klaus-Körper-Stiftung“ vergeben worden. Der Richard-von-Mises Preis ist mit insgesamt 2.000 Euro und einer zweijährigen kostenlosen Mitgliedschaft in der GAMM dotiert. Es lagen erneut 9 sehr gute Nominierungen vor. Das Preiskomitee bestehend aus unserer Kollegin Jacob (Wuppertal) und den Kollegen Kuhlmann (Wien), Lammering (Hamburg) und Wieners (Karlsruhe) hat unter meiner Leitung getagt und als diesjährige Preisträger Dr. Dietmar Gallistl von der University of Twente in Enschede und Dr.-Ing. Philipp Junker von der Ruhr-Universität-Bochum ausgewählt. Ich hoffe, dass Sie alle die Gelegenheit genutzt und die interessanten Vorträge der beiden Preisträger vor der Mitgliederversammlung besucht haben.

### **Dr.-Klaus-Körper-Preis**

Die Dr.-Klaus-Körper-Stiftung der GAMM vergibt jährlich 4 Preise (dotiert mit jeweils 250 und einer zweijährigen kostenlosen Mitgliedschaft in der GAMM) für die besten Dissertationen des vergangenen Jahres in Angewandter Mathematik und Mechanik. Hier gab es in diesem Jahr 11 Vorschläge. Zu allen Vorschlägen werden je zwei fragebogengestützte Gutachten eingeholt. Basierend auf den Auswertungen erfolgt dann die Reihung der Vorschläge. Die Preisträger dieses Jahres sind noch nicht benachrichtigt, der Auswahlprozess wurde erst am Sonntag abgeschlossen. Wir werden Sie daher per Email über die Preisträger informieren. In diesem Jahr war deutlich zu erkennen, dass die Gutachtenkultur in der Angewandten Mathematik und der Mechanik doch sehr unterschiedlich ist. Der Vorstand hat daher beschlossen, ab dem kommenden Jahr eine ausgewogene Verteilung der Preise auf die Angewandte Mathematik und die Mechanik vorzunehmen.

### **Zukunftsfragen**

Der Zukunftsausschuss der GAMM hat erneut unter Leitung unseres Vizepräsidenten Wolfgang Ehlers getagt. Nachdem in den letzten Jahren zahlreiche Neuerungen eingeführt wurden, wurde vorgeschlagen, dass die GAMM sich zunächst auf deren Umsetzung konzentriert.

### **GAMM-Juniors**

Die GAMM-Junioren haben wir vor sechs Jahren eingeführt. Sie waren und sind sehr aktiv. Einen beeindruckenden Überblick über die Aktivitäten in den ersten sechs Jahren gibt der gerade zusammengestellte Activity Report, der bei der Postersession einzusehen war. Die GAMM-Junioren organisieren u.a. ein jährliches Treffen, sowie das gleich im Anschluss stattfindende Event „Young Researchers Meet Mentors (YAMM) lunch“. Eine Sommerschule zum Thema "Space-time Finite-Element Methods for parabolic and hyperbolic conservation laws" wird vom 7.-9. August in Hannover stattfinden. Für die Jahrestagung 2020 in Kassel wurde ein Konzept für Mini-Tutorials erarbeitet. Zudem arbeiten die GAMM-Junioren an der ersten Ausgabe des GAMM Archive for Students (GAMMAS), einem online-Journal von und für Studenten auf den Gebieten der Angewandten Mathematik und Mechanik, welches wir im letzten Jahr ausführlich vorgestellt haben. Der erste Artikel ist inzwischen online. Weitere Einreichungen guter Abschlussarbeiten sind willkommen, um das Journal mit Leben zu erfüllen.

### **GAMM-Nachwuchsgruppen**

Mittels der noch neuen GAMM-Nachwuchsgruppen möchten wir Masterstudierende und Promovierende an die GAMM binden. Die Grundidee ist das Bilden einer dauerhaften Plattform an den einzelnen Standorten, durch die die Mitglieder der Nachwuchsgruppe in ihren Forschungsvorhaben unterstützt werden und durch die Kontakte zu anderen jungen Forscherinnen und Forschern und ehemaligen Promoventen hergestellt und aufrecht erhalten werden. Erfreulicherweise haben sich schon fünf Nachwuchs-

gruppen an den Standorten Augsburg, Berlin, Chemnitz, Hamburg und Ulm gebildet und ihre Arbeit aufgenommen. Die Nachwuchsgruppen werden im zweiten Rundbrief dieses Jahres ihre Arbeit vorstellen.

### **Fachausschüsse**

Dieses Jahr stehen drei Fachausschüsse zur Evaluierung an. Dies betraf den Ausschuss „Analysis von Mikrostrukturen“ unter der Leitung von Prof. Carsten Carstensen aus Berlin, den Ausschuss „Dynamik und Regelungstheorie“ unter der Leitung von Prof. Rolf Findeisen aus Magdeburg, sowie den Fachausschuss „Stochastische Optimierung in der Technik“ unter der Leitung von Prof. Thomas Vietor aus Braunschweig. Auf Basis der vorgelegten Evaluationsberichte wurden die beantragten Verlängerungen für die Fachausschüsse „Analysis von Mikrostrukturen“ und „Dynamik und Regelungstheorie“ vom Vorstandsrat empfohlen. Beim dritten Fachausschuss gab es einige Nachfragen, diese sollen vor einer Beschlussfassung im GAMM-Vorstand geklärt werden.

In diesem Jahr liegt zudem ein Antrag auf Neueinrichtung eines Fachausschusses „Computational and Mathematical Methods in Data Science“ (COMinDS) von Prof. Martin Stoll (Chemnitz) und Prof. Gitta Kutyniok (Berlin) vor, der von über 40 Kolleginnen und Kollegen unterstützt wird. Der Vorstandsrat hat die Einrichtung des neuen Fachausschusses empfohlen.

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

### **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.

### **Wahlen 2018/19**

Nun noch ein paar Worte zu den diesjährigen Wahlen. Wie in jedem Jahr läuft die dreijährige Amtszeit einiger Mitglieder des Vorstandsrats Ende dieses Jahres ab.

Ich möchte Barbara Kaltenbacher, Axel Klawonn und Helmut Abels an dieser Stelle sehr herzlich für ihre bisherige konstruktive Mitarbeit im Vorstandsrat der GAMM und für ihre Bereitschaft zur erneuten Kandidatur danken. Viele von Ihnen werden dies schon im Rahmen der elektronischen Wahl, die in der Zeit vom 16. Januar bis zum 13. Februar möglich war, gesehen haben. Ein ganz besonderer Dank geht an unsere Vorstandsratsmitglieder Sigrid Leyendecker, Josef Eberhardsteiner und Christoph Egbers, die alle nach 6 Jahren aus ihren Ämtern ausscheiden müssen. Für die Nachfolge stehen Oliver Ernst von der TU Chemnitz, Günter Hofsteter aus Innsbruck und Jörg Sesterhenn von der TU Berlin zur Wahl.

Zudem läuft die Amtszeit unseres Vizesekretär Ralf Müller ab, der erfreulicherweise zur Wiederwahl bereit war.

Turnusgemäß scheidet zum Jahresende unser Ex-Präsident und momentane Vizepräsident Wolfgang Ehlers aus dem



Vorstand aus. Ich möchte ihm im Namen aller GAMM-Mitglieder ganz herzlich für sein Engagement für die GAMM danken. Ebenfalls turnusgemäß wechsel ich am 1. Januar ins Amt der Vizepräsidentin, so dass in diesem Jahr die Wahl eines neuen Präsidenten erforderlich ist. Hier steht Jörg Schröder zur Wahl. Ich freue mich schon auf eine gute Zusammenarbeit in den kommenden drei Jahren. Alle diejenigen, die an der elektronischen Wahl nicht teilgenommen haben, haben gleich noch die Möglichkeit, ihre Stimme per Urnenwahl abzugeben.

### Nationale Sektionen der GAMM

Abschließend möchte ich noch zu den nationalen Sektionen berichten. Die Sektion in Tschechien hat als Reaktion auf die Erhöhung der Mitgliedsbeiträge ihre Auflösung beschlossen. Aus Bulgarien habe ich leider keinen Bericht erhalten. In Polen hat sich eine neue aktive nationale Sektion gebildet, die vom Kollegen Kuczma geleitet wird. In Deutschland vertritt das Deutsche Komitee für Mechanik (DEKOMECH) als organisatorische Untereinheit der deutschen Sektion der GAMM die Interessen der auf dem Gebiet der Mechanik in Deutschland tätigen Wissenschaft-

lerinnen und Wissenschaftler in allen organisatorischen und wissenschaftlichen Angelegenheiten, sofern diese Vertretung nicht bereits durch die GAMM wahrgenommen wird. Die DEKOMECH wird gleich im Anschluss eine Vollversammlung durchführen. Dabei wird es neben einer Information zu den für das kommende Jahr anstehenden DEKOMECH-Wahlen vor allem um Information und Diskussion einer geplanten Änderung der DEKOMECH-Verfahrensordnung und der geplanten Zusammenlegung der DEKOMECH-Korrespondenten mit den GAMM-Repräsentanten gehen.

Derzeit wird unter den Vertreterinnen und Vertretern der Angewandten Mathematik beraten, in welcher Form sich die Angewandte Mathematik besser als bislang organisieren könnte.

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

Heike Faßbender,  
GAMM-Präsidentin

## LINKS ZU FACHAUSSCHÜSSEN UND WEITEREN ORGANISATIONEN

### GAMM

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

Tagungsjahr 2019/2020

**91. GAMM Jahrestagung in Kassel  
16.-20.03.2020**

<https://jahrestagung.gamm-ev.de/index.php/2020/2020-annual-meeting>

### Angewandte Operatortheorie

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

### Stochastische Optimierung in der Technik

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

### Dynamik und Regelungstheorie

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

### Analysis von Mikrostrukturen

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

### Optimierung mit partiellen Differentialgleichungen

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

### Computational Science and Engineering (CSE)

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

### Mathematische Signal- und Bildverarbeitung

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

### Uncertainty Quantification

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

### Angewandte und Numerische Lineare Algebra

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

### Phasenmodellierung

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

### Analysis partieller Differentialgleichungen

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

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

[www.mechbau.uni-stuttgart.de/EMMA/ag-data](http://www.mechbau.uni-stuttgart.de/EMMA/ag-data)

### Modeling, Analysis and Simulation of Molecular Systems

<https://moansi.wixsite.com/gamm>

### Experimentelle Festkörpermechanik

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

### Numerische Analysis

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

### Computational Biomechanics

### Computational and Mathematical Methods in Data Science

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

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

### IUTAM

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

### ECCOMAS

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

### EUROMECH

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

### EMS

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

### MFO

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

### CISM

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

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

# RICHARD-VON-MISES-PRIZE 2019

## LAUDATIO FÜR DIETMAR GALLISTL UND PHILIPP JUNKER FÜR DIE AUSZEICHNUNG MIT DEM RICHARD-VON-MISES-PREIS DER GESELLSCHAFT FÜR ANGEWANDTE MATHEMATIK UND MECHANIK

### ***Sehr geehrte Frau Präsidentin, verehrte Festversammlung, meine Damen und Herren!***

Selbstverständlich und mit dem allergrößten Vergnügen komme ich der Bitte nach, ein paar Worte zu unserem von-Mises-Preisträger Dietmar Gallistl als Einstimmung auf seinen Vortrag zu verlieren. Geboren 1987 in Niedersachsen ist er heute noch keine 32 Jahre alt und erhält einen der beiden von-Mises-Preise des Jahres 2019 für seine „herausragenden Arbeiten zur Diskretisierung von elliptischen Problemen höherer Ordnung“. Nach dem Abitur in Niedersachsen studierte Dietmar Gallistl bis zum Vordiplom an der Universität Freiburg Mathematik mit Nebenfach Asienkunde; in der Tat ist das auch heute noch nützlich in der Chinesischen Provinz. Danach hat er seine Studien an der Humboldt-Universität zu Berlin fortgesetzt und sich in meine Übungsgruppe zur Grundvorlesung Numerische Mathematik verirrt. Ich erinnere einen großen schlanken Studenten lässig sitzend, der stets am Ende die schwierigen Aufgaben an der Tafel vorrechnen musste. Also habe ich ihn mitgenommen auf eine einmonatige mathematische Exkursion zu einem Workshop auf Goa im Rahmen einer indischen CPDE Initiative. Offenbar ist er dabei geblieben, denn heute finden sich fünf Einträge in seinem Lebenslauf unter der Überschrift „tutorials, exercise classes, computer labs“ mit indischer Ortsangabe; aber nur einmal Korea und Freiburg, sowie diverse Male Berlin. Dietmar Gallistl ist als Student offenbar schon reichlich herumgekommen und hat zu seiner Diplomarbeit bereits mit Hu Jun kooperiert und das dann in der „Numerischen Mathematik“ publiziert zu nichtkonformen Finite-Elemente-Methoden für die biharmonische Gleichung. Bescheidenheit und Liebenswürdigekeit sind Gründe für seine allgemeine Beliebtheit in Berlin von BMS bis Matheon. Verbunden mit sowohl signifikanten als auch korrekten Beiträgen, sogar in Form belastbarer Texte hoher wissenschaftlicher Qualität, war dann seine Karriere nicht mehr aufzuhalten: Mit 25 diplomiert und mit 27 promoviert über adaptive Finite-Elemente-Methoden zu Eigenwert-haufen in der Numerischen Mechanik. Danach konnte er

bei mir offenbar nichts mehr lernen und ist erst nach Bonn als Postdoktorand und wenig später als Nachwuchsgruppenleiter ans KIT gegangen. Seine Beiträge schrieb er fortan alleine und platzierte diese in den Top-Journalen. Die Karlsruher Habilitationsschrift, dort angenommen im letzten Jahr, trägt den Titel "Mixed finite element approximation of elliptic equations involving high-order derivatives" und enthält diverse hervorragende Ergebnisse, über die Dietmar Gallistl gleich persönlich sprechen wird. Meine Redezeit reicht nicht aus zur Würdigung der vielfältigen bahnbrechenden Resultate z. B. über die Hamilton-Jacobi-Bellman Gleichungen oder z. B. über die gleichermaßen fundamentale wie diffizile inf-sup-Konstante des Divergenzoperators.

Unter den heutigen Lehrstuhlinhabern für die Numerische Mathematik, die ich in einem frühen Stadium ihrer Karriere näher kennen zu lernen das Vergnügen hatte, ist Dietmar Gallistl einer der, wenn nicht der wissenschaftlich Talentierteste, Kreativste und Produktivste. Jeweils fünf Arbeiten finden sich publiziert bei Math. Comp., Numer. Math. und den SIAM Journalen. Allein die drei Math. Comp.-Publikationen als Alleinautor lassen gar keinen Zweifel daran, dass wir es mit einem würdigen von-Mises-Preisträger zu tun haben. Mit seinen Anfang dreißig Jahren, muss er sich keine Sorgen um seine wissenschaftliche Zukunft machen, der nach einem Vertretungssemester in Heidelberg jetzt gerade in Twente lehrt. Die 70 internationalen Vorträge, einige davon in Oberwolfach, sind sicher ein weiteres beeindruckendes Indiz seiner wissenschaftlichen Erfolge. Am meisten aber bin ich persönlich beeindruckt von seinen unglaublich effizienten Kurzreisen: Eine Woche Pavia oder Oxford resultiert schließlich in einer nachhaltigen Publikation mit Daniele Boffi oder Endre Süli in deren jeweiligem Arbeitsgebiet.

Darf ich Ihnen zusammenfassend sagen, dass ein Blick auf den Lebenslauf von Dietmar Gallistl genügt, um zu begründen, warum wir uns jetzt und hier auf seinen Vortrag freuen dürfen.

Carsten Carstensen



### ***Dear Ladies and Gentlemen,***

it is my great pleasure to introduce to you today the winner of the 2019 Richard-von-Mises-Prize, Philipp Junker.

Philipp Junker obtained his doctorate from Ruhr-Universität Bochum in 2011, where he also achieved his *venia legendi* for the field of “mechanics” in 2016. He already held temporary professorships (*Vertretungsprofessuren*) at the Bergische Universität Wuppertal and at the Ruhr-Universität Bochum. Moreover, he spent several research visits at the Colorado School of Mines.

Many things could be told, that would make Philipp Junker a worthy recipient of the Richard-von-Mises-Prize. But, if asked what really makes him extraordinary, I would have to mention his exceptional creativity. At his young age, he has already succeeded in providing deep and groundbreaking contributions to at least three quite different fields of mechanics. So let me tell you about these:

The first topic concerns the micromechanical modeling of shape memory alloys. In my own research group, we had already developed a very good model, but Philipp Junker managed to improve it in two decisive points. He developed a very efficient scheme of parameter identification and validation from basic experiments. He succeeded in predicting the outcome of a mechanical experiment using parameters identified in a thermal one, and vice versa in a true blind test scenario. Moreover, as resulting from another highly creative idea, he was able to reduce the number of internal variables of our model by a large factor without compromising its accuracy. This rendered the model applicable to real world problems and made it so attractive for applications that, as a result, Philipp went on to found a start-up

company. An endeavor which, to this day, he is still pursuing successfully on top of all his academic activities.

The second topic I would like to talk about concerns topology optimization. Inspired by thermodynamics, Philipp Junker managed to invent new evolutionary algorithms, which are very fast and flexible, and applied these to a whole range of non-linear, anisotropic and multiphase materials. Here too, he contributed with a whole range of clever ideas. The optimized structures can now virtually be “grown” like trees in a greenhouse. Nevertheless, the results are very close to those obtained by classical optimization.

I am convinced, that Philipp Junker could have given a very interesting prize-lecture on both of these topics. Today, however, we will hear about a third one, because he also managed to make significant contributions to stochastic mechanics. Usually, stochastic mechanical systems are modeled using Monte-Carlo-Simulations, which – as many of you will agree – are rather time-consuming. Philipp Junker found an intricate and completely new way to relate stochastic data, say elastic moduli, to stochastic output, say stresses. But we will hear about this in a moment.

Needless to say, that all of Philipp Junker’s results have been published in high-ranking journals. And there are even more fascinating topics he is currently working on than those just mentioned. I think we have all reason to expect more exciting contributions from him in the future. Let us congratulate him once again and look forward to his lecture.

Klaus Hackl

## AUFRUF · CALL

**Für die Jahrestagung 2021 in Aachen,  
22. – 26. März,  
veranstaltet die GAMM einen  
Wettbewerb zur Einreichung von**

**For its Annual Meeting 2021 in Aachen,  
March 22 - 26,  
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 2019**

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.

#### **22. - 26. März 2021**

Durchführung der ausgewählten Minisymposien.

### Schedule:

#### **until December 31, 2019**

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 22 - 26, 2021**

Carrying out the nominated minisymposia.

## AUFRUF · CALL

## WAHLEN ZUM VORSTANDSRAT

Aufruf der Präsidentin  
mit Bitte um Wahlvorschläge zur Vorstandswahl 2020

**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 2020 zu wählen. Die Amtszeiten werden zum 01.01.2021 beginnen.

**Mitglieder des Vorstands**

Prof. A. Walther (Schatzmeisterin), Paderborn, Angewandte Mathematik, Amtszeit bis 2020, wieder wählbar

Prof. M. Kaliske (Sekretär), Dresden, Festkörpermechanik, Amtszeit bis 2020, wieder wählbar

**Mitglieder des Vorstandsrates**

Prof. G. Brenn, Graz, Strömungsdynamik, 2. Amtszeit bis 2020, nicht wieder wählbar

Prof. G. Kutyniok, Berlin, Angewandte Funktionalanalysis, 2. Amtszeit bis 2020, nicht wieder wählbar

Prof. U. Nackenhorst, Hannover, Festkörpermechanik, 2. Amtszeit bis 2020, nicht wieder wählbar

Die Quorenregelung der Wahlordnung verlangt, dass der/die PräsidentIn von mindestens 25 Mitgliedern, der Vizesekretär von mindestens 10 Mitgliedern und die zu wählenden Mitglieder des Vorstandsrats von mindestens 5 Mitgliedern schriftlich für die Nominierung unterstützt werden. Wahlvorschläge und Unterstützungserklärungen, auch für eine Wiederwahl, müssen spätestens acht Wochen vor der Mitgliederversammlung, also bis zum 22.01.2020, bei der Geschäftsstelle eintreffen.

**Vorstandswahl 2020**

Die Stimmabgabe zur Vorstandswahl erfolgt entweder mittels Urnenwahl im Rahmen der Mitgliederversammlung der Gesellschaft für Angewandte Mathematik und Mechanik e.V. in Kassel am Mittwoch, den 18.03.2020, 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 Kassel teilzunehmen und sich an der Wahl zu beteiligen. Die elektronische Stimmabgabe ist in dem Zeitraum vom 12.02.2020 bis 11.03.2020 über die Internetseite der GAMM möglich.

Heike Faßbender, Präsidentin

**Mitglieder der Wahlkommission für die Vorstandswahlen 2020**

Vorsitzende: H. Faßbender, Braunschweig, Vizepräsidentin

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

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

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

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

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

**Schatzmeisterin:** **Prof. Andrea Walther**  
Universität Paderborn, Lehrstuhl für  
Mathematik und ihre Anwendungen,  
Institut für Mathematik,  
Warburger Str. 100  
33098 Paderborn

### Weitere Mitglieder des Vorstandsrates

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

### Beratende Mitglieder des Vorstandsrates

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

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

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

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

### Kassenprüfer

**Prof. Michael Beitelschmidt**  
Technische Universität Dresden  
Fakultät Maschinenwesen

**Prof. Stefan Neukamm**  
Technische Universität Dresden  
Institut für Wissenschaftliches Rechnen

## 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. 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)

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

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

**PERSONALIA**

Todesfälle, wir gedenken:

Prof. Dr. Marcel Berveiller, Metz

Prof. Dr. Hartmut Bremer, Linz

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Hans Dresig, Chemnitz

Prof. Dr.-Ing. Lothar Gaul, Stuttgart

Prof. Dr.-Ing. Bernd Kröplin, Stuttgart

Prof. Dr. Reinhard Mennicken, Regensburg

Prof. Dr.-Ing. Erwin Stein, Hannover

# Highlights bei Springer Vieweg



- Didaktisch ausgefeiltes, mathematisch nicht zu anspruchsvolles Grundlagenlehrbuch
- Der Bestseller im neuen 4-farbigem, ansprechenden Layout
- Geeignet für alle Bachelorstudiengänge an Universitäten und Fachhochschulen
- Erster Teil des vierbändigen Lehrbuchs zur Technischen Mechanik
- Jetzt mit Extras im Web: Applets zum Herunterladen

D. Gross, W. Hauger, J. Schröder, W.A. Wall

## Technische Mechanik 1

Statik

14., aktualisierte Aufl. 2019, Etwa 300 S.,

Softcover

<sup>[1]</sup> 24,99 € (D) | 25,69 € (A) | CHF 28,00

ISBN 978-3-662-59156-7

Erscheint im Oktober 2019

eBook

<sup>[2]</sup> 19,99 € (D) | 19,99 € (A) | CHF 22,00

ISBN 978-3-662-59157-4

eBook-Version des Titels ist in Kürze verfügbar



- Didaktisch ausgefeiltes, mathematisch nicht zu anspruchsvolles Grundlagenlehrbuch zur Technischen Mechanik
- Besonders geeignet für Technische Fachhochschulen
- Teil 3 des vierbändigen Lehrbuchs zur Technischen Mechanik

D. Gross, W. Hauger, J. Schröder, W.A. Wall

## Technische Mechanik 3

Kinetik

14., aktualisierte Aufl. 2019, Etwa 350 S.,

Softcover

<sup>[1]</sup> 29,99 € (D) | 30,83 € (A) | CHF 33,50

ISBN 978-3-662-59550-3

Erscheint am 5. Oktober 2019

eBook

<sup>[2]</sup> 22,99 € (D) | 22,99 € (A) | CHF 26,50

ISBN 978-3-662-59551-0

eBook-Version des Titels ist in Kürze verfügbar

[1] € (D) sind gebundene Ladenpreise in Deutschland und enthalten 7% MwSt; € (A) sind gebundene Ladenpreise in Österreich und enthalten 10% MwSt. CHF und die mit [2] gekennzeichneten Preise für elektronische Produkte sind unverbindliche Preisempfehlungen und enthalten die landesübliche MwSt. Programm- und Preisänderungen (auch bei Irrtümern) vorbehalten. Es gelten unsere Allgemeinen Liefer- und Zahlungsbedingungen.