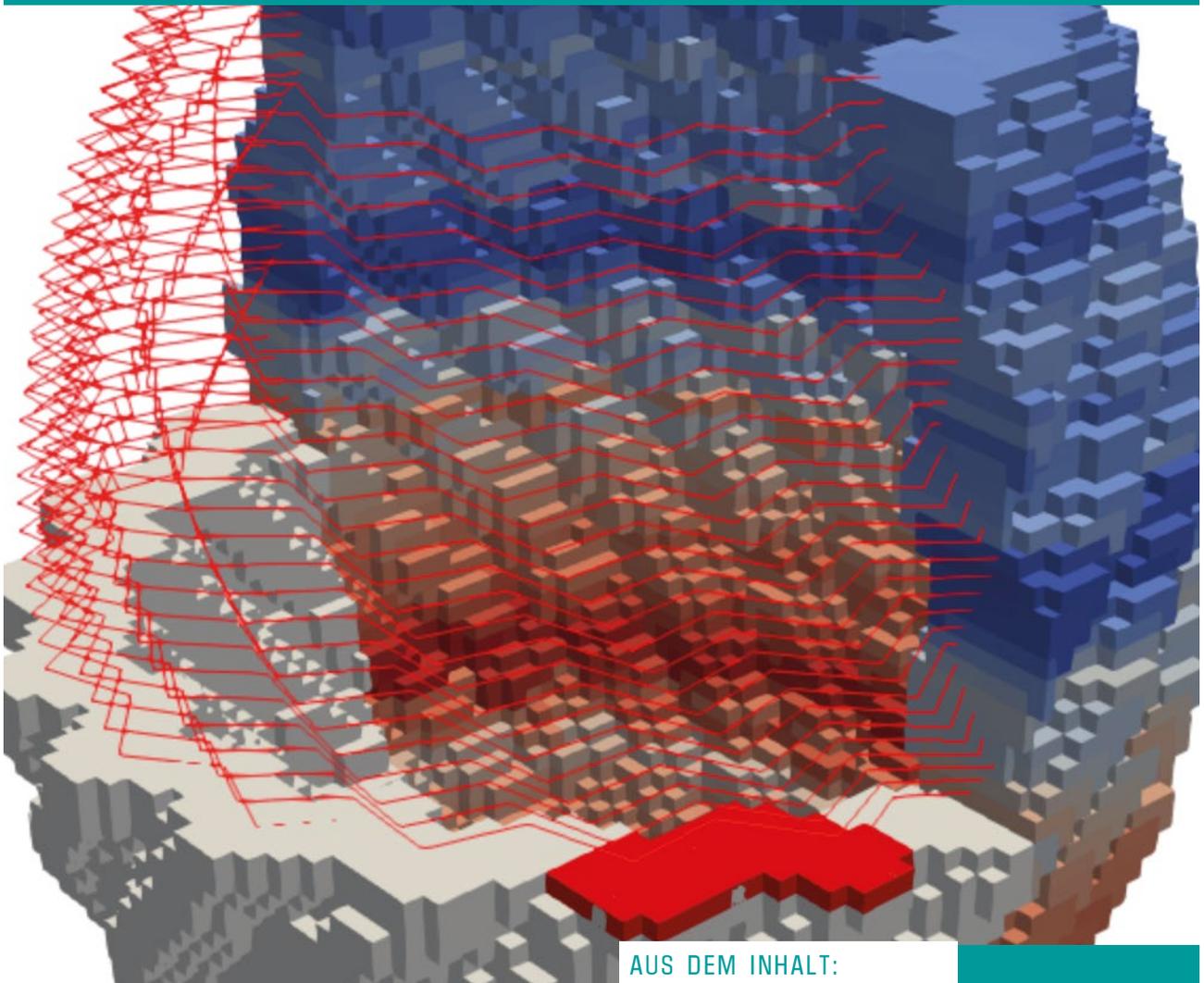


RUNDBRIEF



GESELLSCHAFT FÜR ANGEWANDTE MATHEMATIK UND MECHANIK



AUS DEM INHALT:

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

**F. NIKLAS SCHIETZOLD, WOLFGANG GRAF AND
MICHAEL KALISKE:**
**ESTABLISHING POLYMORPHIC UNCERTAINTY AS
A GENERALIZED DATA CONCEPT IN ENGINEERING
ANALYSES**

**CLAUDIA DRYGALA, HANNO GOTTSCHALK UND
FRANCESCA DI MARE:**
**GENERATIVES LERNEN UND NUMERISCHE
SIMULATION TURBULENTER STRÖMUNGEN**

JUNGE WISSENSCHAFTLERINNEN:
SILKE GLAS
NINA MERKERT

1/2024

www.gamm.org

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

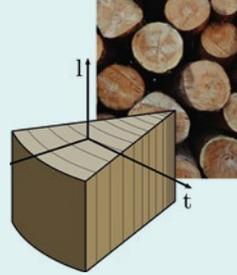
Schriftleitung:
 Prof. Dr. Axel Klawonn
 Universität zu Köln
 Department Mathematik/Informatik
 Weyertal 86-90
 50931 Köln
 Tel.: +49 (0)221 / 470-7868
 E-Mail: axel.klawonn@uni-koeln.de

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

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

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

Umschlagbild:
Scientific animation by Visual Science,
 2021, www.go.visual-science.com



4 Establishing Polymorphic Uncertainty as a Generalized Data Concept in Engineering Analyses

F. Niklas Schietzold,
 Wolfgang Graf and
 Michael Kaliske

34 Angewandte und Numerische Lineare Algebra (ANLA)

34 Optimierung mit partiellen Differentialgleichungen

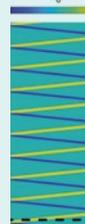
35 Computational Biomechanics

36 Experimentelle Festkörpermechanik

36 Data-driven modeling and numerical simulation of microstructured materials (AG Data)

12 Generatives Lernen und numerische Simulation turbulenter Strömungen

Claudia Drygalla,
 Hanno Gottschalk und
 Francesca di Mare



37 Uncertainty Quantification (UQ)

38 Computational and Mathematical Methods in Data Science

38 Phasenfeldmodellierung

39 Moderne Lehre und Didaktik

19 Steckbrief Silke Glas

21 Steckbrief Nina Merkert

25 GAMM Juniors Fall Meeting

Nina Reiter

27 Ausschreibung: Richard-von-Mises-Preis 2024

Berichte aus den
 Fachausschüssen:

40 Wissenschaftliche Veranstaltungen

42 Vorstand der GAMM

43 Ehrenmitglieder der GAMM

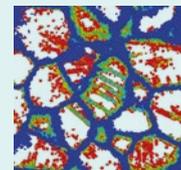
28 Angewandte Operatortheorie

29 Analysis partieller Differentialgleichungen

30 Dynamik und Regelungstheorie

30 Modellierung, Analysis und Simulation molekularer Systeme

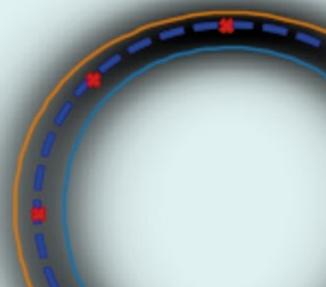
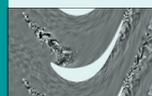
31 Mathematische Signal- und Bildverarbeitung (MSIP)



32 Analysis von Mikrostrukturen

33 Numerische Analysis

33 Computational Science and Engineering (CSE)



LIEBE LESERIN, LIEBER LESER,
LIEBE GAMM-MITGLIEDER,



die Verwendung generativer künstlicher Intelligenz in Verbindung mit der numerischen Simulation turbulenter Strömungen ist das Thema des Leitartikels von Claudia Drygala, Hanno Gottschalk und Francesca di Mare. Im Leitartikel aus der Mechanik beschreiben die Autoren F. Niklas Schietzold, Wolfgang Graf und Michael Kaliske Ergebnisse des DFG Schwerpunktprogramms 1886 mit dem Titel *Polymorphe Unschärfemodellierungen für den numerischen Entwurf von Strukturen*.

Als Nachwuchswissenschaftlerinnen stellen sich aus der Angewandten Mathematik Silke Glas, Assistant Professor an der Universität Twente in den Niederlanden und aus der Mechanik Nina Merkert, Juniorprofessorin an der Technischen Universität Clausthal, vor.



Die GAMM Juniors kamen zu ihrem Herbsttreffen im Oktober an der ETH in Zürich zusammen. Es wurde von Jan-Hendrik Bastek und Alexander Henkes organisiert; Nina Reiter berichtet davon für die GAMM Juniors.

Derzeit hat die GAMM 17 aktive Fachausschüsse. Wie jedes Jahr berichten diese in der Frühjahrsausgabe des GAMM-Rundbriefes über ihre Aktivitäten im vergangenen Jahr. Überzeugen Sie sich selbst von der breiten, fachlichen Vielfalt der Themen, die in den Fachausschüssen behandelt werden.

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

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

Köln und Bochum im Februar 2024

Axel Klawonn und Daniel Balzani

ESTABLISHING POLYMORPHIC UNCERTAINTY AS A GENERALIZED DATA CONCEPT IN ENGINEERING ANALYSES

BY F. NIKLAS SCHIETZOLD, WOLFGANG GRAF AND MICHAEL KALISKE

Introduction

Under the title “Polymorphic uncertainty modelling for the numerical design of structures”, excellent research results have been achieved in the DFG Priority Programme 1886, which, in combination of mathematical and mechanical understanding, advanced the challenges of developing new types of structural safety assessment. A particular focus is placed on advancing the research in such a way that it can be applied to realistic tasks from real world and can therefore be transferred to engineering practice. In two special issues of *Surveys for Applied Mathematics and Mechanics*, collaborative research articles are published, which bring together the research of the Priority Programme in such a way that links in the developments are emphasized and research is advanced in cooperation, see [24]. By [33], a concluding book is currently in production, as a conclusion and overview of the research results. While in-depth information can be found in those two references, this article provides an overview and brief insight of the current advances into this research field.

Theoretical Background of Polymorphic Uncertainty Models

The challenges and restrictions of stochastic safety assessment concepts are well known, especially if the database is composed of limited and imprecise information. Many new approaches face those cases of uncertainties and lack of knowledge, by generalized non-stochastic measures of safety, which are developed to be applicable in basic engineering requirements for real world applications. Those non-stochastic approaches are based, for instance, on fuzzy or interval analyses.

Two basic uncertainty characteristics can be distinguished from each other. The first one is aleatoric uncertainty, which arises from natural variations and is therefore reflected in all realistic issues. Aleatoric uncertainties can be described by probability theory and assessed by classical stochastic concepts, based on the principle of natural variability. It is almost impossible to capture this natural variation precisely, since information about it results from specimen collection and experimental observations, which in turn are affected by uncertainties. This leads to the second characteristic, which is referred to as epistemic uncertainty. Epistemic uncertainty comprises all other uncertainties that are not due to natural variation. Those epistemic uncertainties include lack of knowledge (e.g. due to missing, incomplete or indeterminable data), bad

data (e.g. due to lack of reproduction conditions, measurement errors) and uncertainties. Non-stochastic approaches are required to assess those epistemic uncertainties, e.g. based on possibility theory.

Out of this consideration, it becomes clear that stochastic and non-stochastic models are not directly alternative approaches, but rather approaches for characterizing different features. Since both uncertainty characteristics, epistemic and aleatoric, are present in realistic engineering tasks, comprehensive uncertainty models are required to also couple both descriptions.

The concept of coupling of both uncertainty characteristics is referred to as polymorphic uncertainty. Polymorphic uncertainty models are of a generalized nature and capable of reflecting variability, imprecision and incompleteness, all in a single model.

Scientific Achievements of DFG Priority Programme 1886

The concept of “polymorphic uncertainty” and the associated approaches are first presented in [11]. Based on this, and in advance of the DFG Priority Programme 1886, some initial methods have been developed, e.g. in [10, 12]. The design of engineering structures, based on system safety assessment with quantification of polymorphic uncertainties leads to a broad field of challenges and, therefore, to multiple required broad research aspects. In DFG Priority Programme 1886, those challenges have been addressed by five significant research areas, i.e. complexes, which are essential working fields of the addressed scientific fields.

The research in **Complex A** aims at the development of data models, data acquisition methods and data assimilation approaches under consideration of polymorphic uncertainty. More precisely, the research is focused on the development of efficient data acquisition procedures by novel problem-oriented descriptions for polymorphic uncertainty models. From the viewpoint of data engineering, methods are required to investigate, understand and describe uncertain databases. Therefore, novel methods are developed to separate objective (aleatoric) and subjective (epistemic) uncertainty from data samples and data analysis for uncertain databases (e.g. sensitivity analyses, statistics) is explored. For instance, stochastic-based uncertainty models are developed for structural analysis, that do not require the definition of a probability distribution, but still lead to reasonable safety assessment,

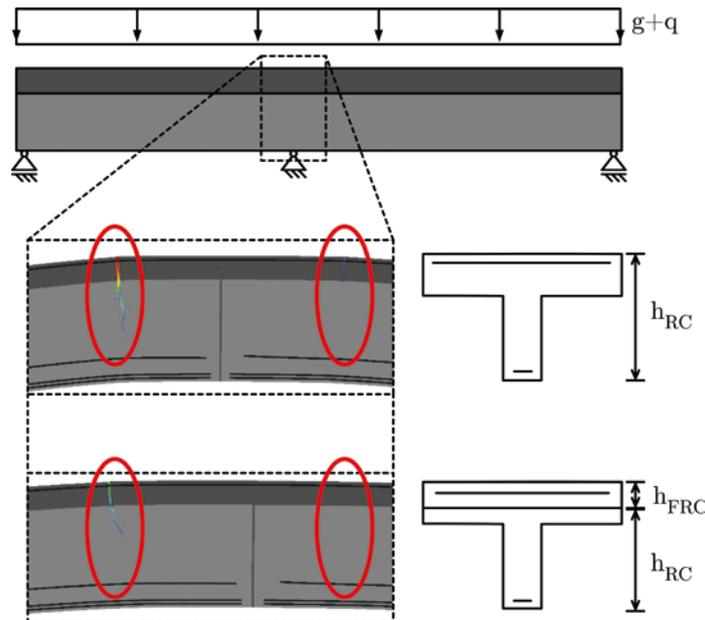


Fig. 1: Comparison of the crack width between a classical reinforced concrete (RC) cross-section (upper cross-section) and a reinforced concrete cross-section strengthened by a fibre-reinforced concrete (FRC) layer (lower cross-section) under external load q – Figure kindly provided by sub-project SP 6

see e.g. [13]. In other approaches, methods are introduced based on fuzzy-quantities (e.g. in [6]), based on interval-probability (e.g. in [3, 25]) or focusing on fuzzy probability-based randomness (e.g. in [2, 19, 21, 22, 23, 25]).

Research on engineering structural and numerical design is assigned to **Complex B**. In this research, structural safety analysis and robust design optimization methods are investigated and advanced to be capable of incorporating polymorphic uncertainty. Solid numerical structural analyses are the basis of design processes. Concepts for the numerical design of structures with uncertain data are introduced to the further development of structural analyses, whereby formulations and solutions for uncertain optimization tasks are introduced. The development of solutions for inverse problems plays an important role. Traditional methods used in structural design of civil engineering, such as „form follows force“, are qualitatively improved by new, efficient numerical methods („robust form follows uncertain force“). The research is focused on

civil and mechanical engineering structures, but of course, the results can be adapted to all engineering disciplines. In Figure 1, results of a structural analysis of a reinforced concrete beam considering polymorphic uncertainty are shown, where fibre-reinforcement is compared to classical reinforcement. Therefore, the crack width is simulated by finite elements and uncertainty of the material properties and the applied external load is considered. For more information see [20]. Methods of modelling and quantification of polymorphic uncertainties in engineering design are developed for timber structures in [16, 18] and also generally investigated concerning the competing optimization objectives of robustness and performance in [17]. By this research, the special characteristics of the basic wood material, a visualization of a fuzzy probability-based random quantity and a result of a polymorphic uncertainty quantification, are shown in Figure 2. Of course, the concept of polymorphic uncertainty is required to be investigated in all fields of engineering tasks and is not re-

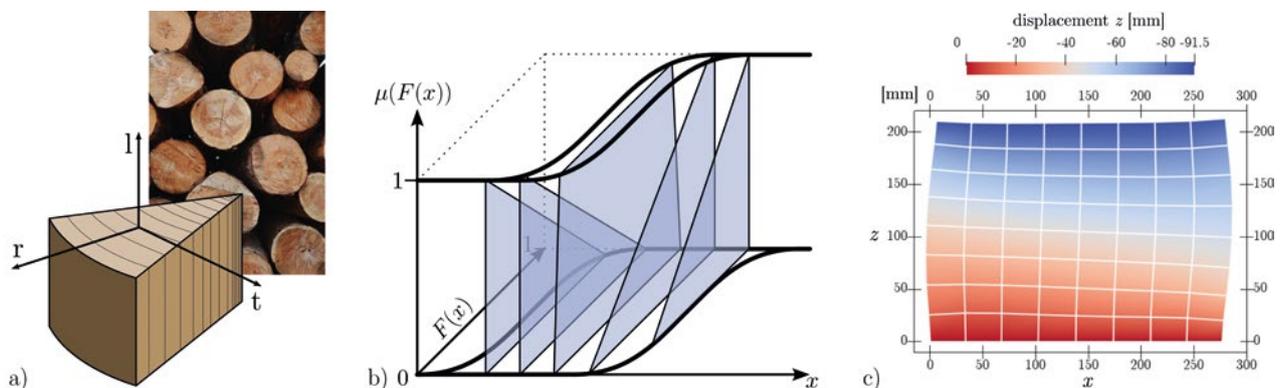


Fig. 2: a) Timber as natural building material, characterized by coordinates of local-orthotropy, based on parallelly aligned fibres. b) Scheme of a fuzzy probability-based random quantity, as polymorphic uncertainty model. c) Displacement of densified hard wood after production.

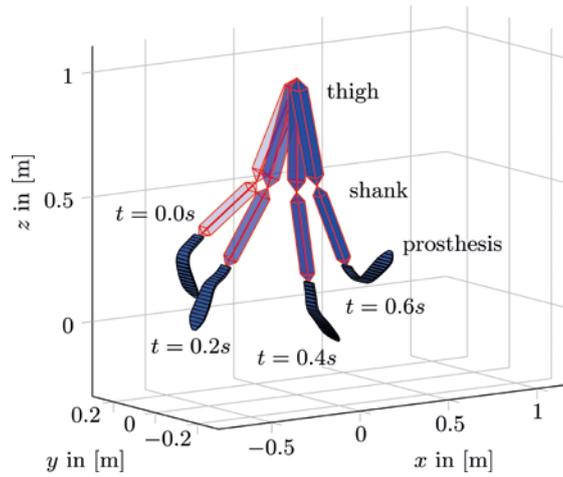


Fig. 3: Simulation of the human leg's motion with a flexible prosthetic foot – Figure kindly provided by sub-project SP 14.

stricted to building structures. For instance, in Figure 3 the simulation of a human leg prosthesis is shown, where the prosthesis is described by a pre-deformed geometrically exact beam. Many sources of uncertainty exist in the modelling process. For instance, in [15] the effects of various uncertainty sources in optical motion capture on the subsequent joint angle calculations are examined, which in turn could be used as input for such a simulation. For the inclusion of polymorphic uncertainty in the dynamic simulation, the Graph Follower algorithm, designed to include epistemic uncertainty in the form of fuzzy numbers [7, 8], is extended in [14] to simulate the complex non-linear multi-body system, consisting of rigid and flexible bodies. Based on this, a novel algorithm is introduced, capable of including polymorphic uncertainty in the form of fuzzy random variables into the simulation. If polymorphic uncertain data are evaluated and described by numerical models for numerical structural design

processes, a special focus lies on the modelling of significant interaction and multi-physical behaviour, to enable a realistic assessment. For this purpose, uncertain data modelling and uncertainty quantification are developed, which take three essential aspects into account. First, the coupling of uncertainty on different scales for space and time, second, methods for capturing uncertain interactions, and third, formulations for the multi-physical behaviour of the investigated structures. Those aspects are considered in **Complex C**, where spatial and temporal dependencies within uncertain quantities are investigated. Therefore, polymorphic uncertainty quantification methods with fuzzy- and interval-based random fields are researched, e.g. in [19, 25]. An exemplary realization of cross-correlated fuzzy probability-based random field quantities is shown in Figure 4. Another research field in **Complex C** is spanned by investigating uncertainty on the micro-scale of material ge-

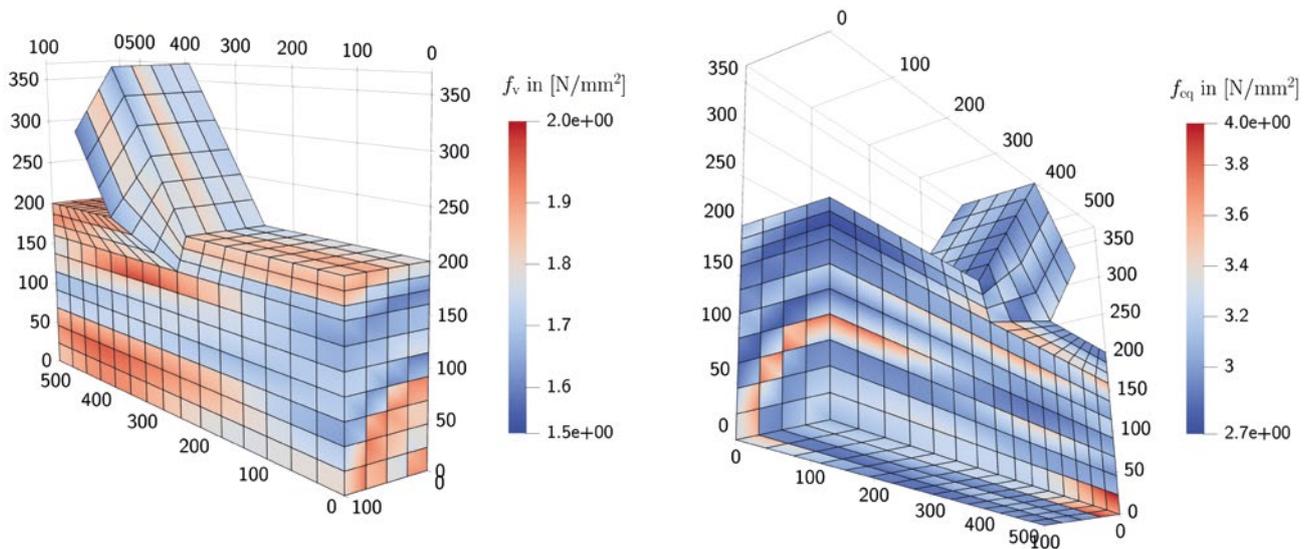


Fig. 4: Samples of two auto- and cross-correlated fuzzy probability-based random field parameters in a rafter tie beam joint for structural analysis with polymorphic uncertainty quantification (shear strength f_v and radial/tangential compressive strength f_{cq}).

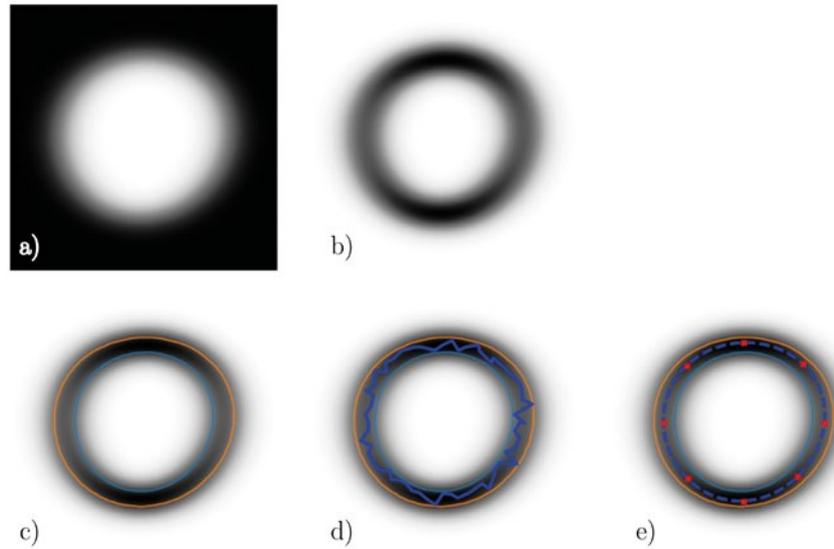


Fig. 5: Epistemic uncertainty modelling of an inclusion, based on computer tomography image data. a) Computer tomography image data basis. b) Blur geometry of inclusion, determined by image filtering. c) Shape fitting of inclusion based on image gradient information. d) Sample of an uncertain geometry with high frequency in shape definition. e) Interpolation of shape with parametrization at 8 support points for a fuzzy-based uncertainty modelling – Figure kindly provided by sub-project SP 10.

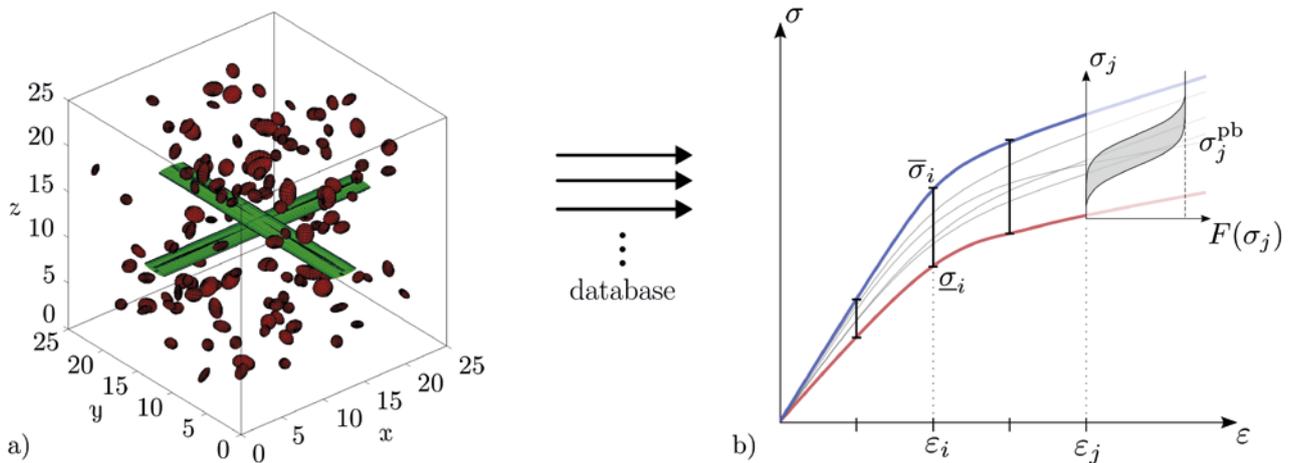


Fig. 6: a) Sample of a generated RVE geometry with inclusions (red) and reinforcements (green). b) Quantification of interval and p-box valued macroscopic stresses caused by uncertain RVE parameters – Figure kindly provided by sub-project SP 8.

ometries, to evaluate the influence on the homogenized uncertain characteristics, also referred to as uncertain homogenization, see e.g. [6, 27]. The influence of the uncertain geometries of material inclusions on the homogenized material characteristics is investigated, which is visualized in Figure 5. Methods for uncertainty quantification based on data data-driven material modelling are presented, e.g. in [21, 22, 23]. This data-driven approach is visualized in Figure 6.

Computational costs are a major obstacle to the transfer of new knowledge and novel methods into engineering practice. This is especially true for safety assessment with polymorphic uncertainty. Hence, methods aiming at efficiency, surrogate models and reduction methods are required. This step towards the applicability of the research results is considered by **Complex D**, where several ap-

proaches of numerical design are investigated for the acceptance in engineering practice. Methods of dimension reduction and approximation (e.g. reduced order models, low-rank approximations), as well as replacement models (surrogate models) and multi-fidelity techniques, are developed for uncertain data.

Because the applicability of the newly developed methods is of paramount research interest, several efforts are undertaken to increase the numerical efficiency of the methods. For instance, surrogate models, multi-fidelity and order reduction approaches in the application of numerical design are presented in [4, 5, 9, 29, 32]. The concept of [4] is visualized in Figure 7, where the surrogate objective function is constructed by applying the shifted interval method. Another surrogate modelling is developed by [1] as shown in Figure 8,

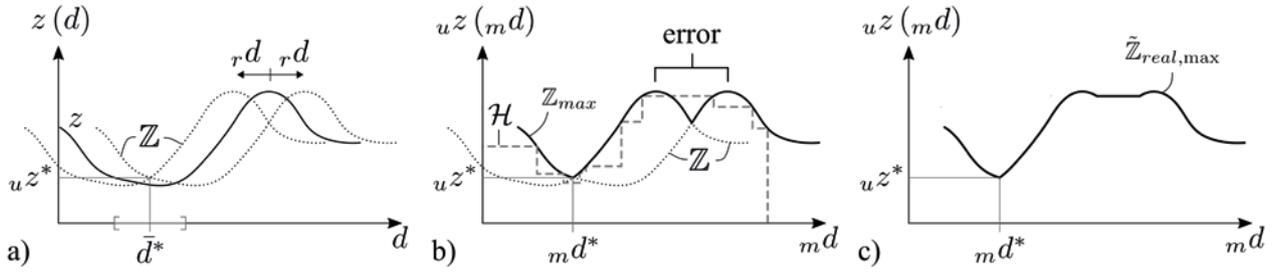


Fig. 7: a) Deterministic objective function (solid black line) and shifted objective function (solid grey lines). b) Maximum of shifted objective function and iteratively enriched additional step function \mathcal{H} . c) Approximated surrogate objective function – Figure kindly provided by sub-project SP 6.

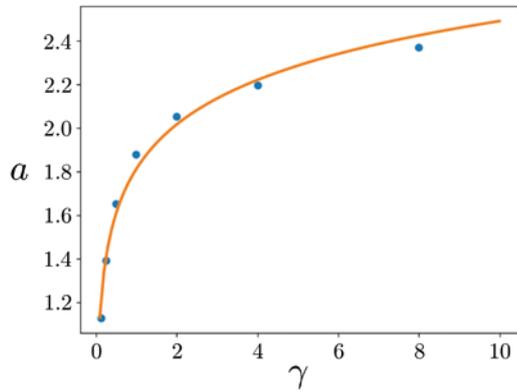


Fig. 8: Convergence of the effective Young's modulus at a rate bl^r with $a=c \log(\gamma) + d$, considering a simultaneous limit of dimension reduction for a randomly perturbed rod of diameter h with length scale ε , where γ is the ratio of $\frac{h}{\varepsilon(h)}$ – Figure kindly provided by sub-project SP 25.

where the convergence of the effective Young's modulus to that of a surrogate model is depicted for a randomly perturbed rod. Furthermore, it is seen that the convergence rate increases when the length scale of the random perturbation becomes smaller compared to the rod diameter. In [28], several developments in incorporating polymorphic uncertainty in structural investigations of porous media are presented. Among those, an approach is introduced where the theory of porous media is used and solved via the finite element method, given a boundary value problem of a soil cross-section. This approach is visualized in Figure 9. Therein, tangential information of the underlying physical model is obtained via variational sensitivity analysis. This is in turn used to fit a surrogate model, i.e. a gradient-enhanced Kriging model. This is further utilized in a Bayesian analysis to obtain credibility intervals, e.g. for the failure probability of the structure. In Figure 10, a further surrogate formulation is shown, that relies on hierarchical Tucker tensors (HT) in combination with a set of basis functions, which are adapted to the respective inputs of the structural analysis. The resulting hierarchical Tucker tensor surrogate model (HTS) efficiently handles typical polymorphic analysis tasks, such as averaging over probabilistic inputs and de-fuzzification of fuzzy inputs. With an HTS, these tasks are reduced to a series of straightforward matrix-vector multiplications. Engineering decision-making in structural design processes relies on meaningful and significant decision

criteria. The research in evaluation and safety criteria of results from simulations under consideration of polymorphic uncertainty is investigated in **Complex E**. Therefore, research contributions to the development of axiomatic principles of uncertainty assessment are summarized in this field. A special focus is placed on the definition, calibration and validation of uncertain result criteria, whereby decision-support systems are developed that enable an

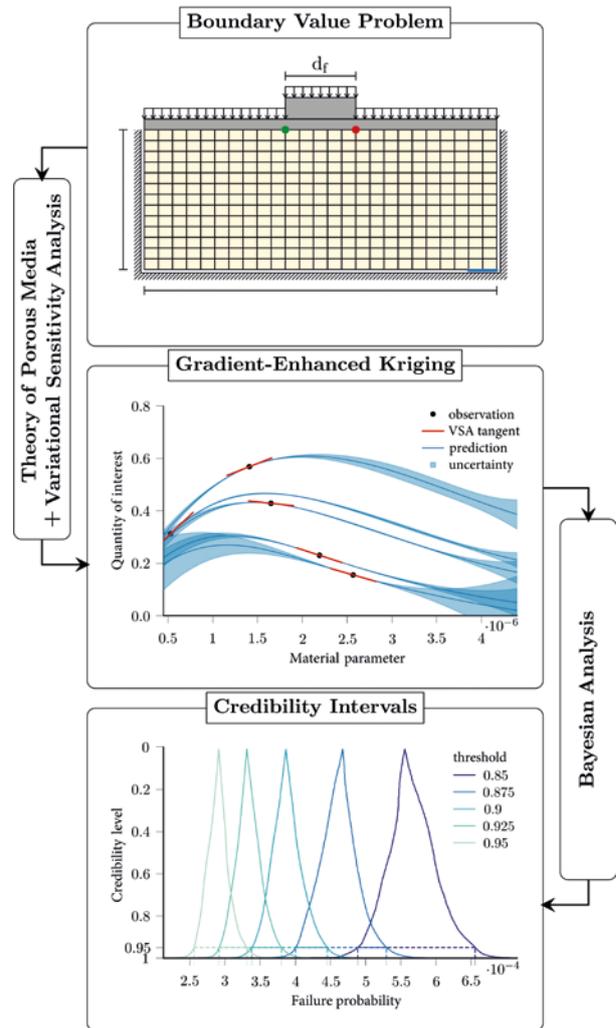


Fig. 9: Analysis process scheme: boundary value problem of a soil cross-section, analysed with a variational sensitivity analysis to fit a surrogate model, that enables Bayesian analysis with respect to the probability of exceed for a certain result quantity's threshold – Figure kindly provided by sub-project SP 12.

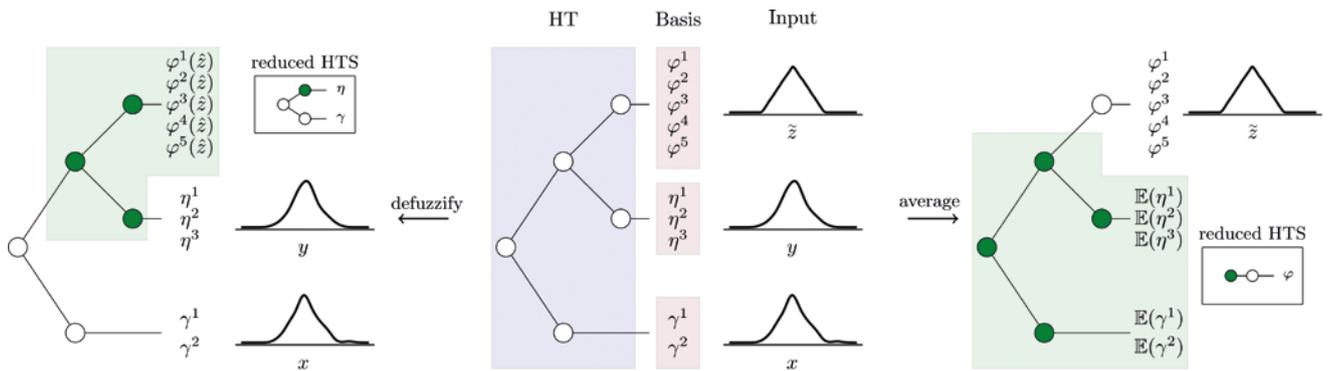


Fig. 10: A Hierarchical Tucker Tensor (HT) with basis functions, adapted to the inputs, yields a surrogate model (HTS). The results are reduced HTS that preserve the remaining uncertainty – Figure kindly provided by sub-project SP 10.

engineering-oriented interpretation of uncertain results. The research interest of significant decision criteria for categorization of uncertain results in safety assessments is addressed in many research activities, since the applicability of the results for decision-making is of paramount interest. For instance, several approaches for safety assessment and decision-making under polymorphic uncertainty are published in [2, 30, 31], the competition between robustness and performance of designs in multi-objective optimisations is discussed in [17] or the decision-making considering polymorphic uncertain constraints in design optimization is presented in [26].

The demand for research in polymorphic uncertainty is also reflected in the new challenges of currently prominent areas of engineering applications. One example is additive manufacturing, which is recently evolving as a major topic of research interest and challenging uncertainty problems are faced, e.g. in [1], due to the novel production process. Hence, the incorporation of time-dependent polymorphic uncertainty in simulations of the production process and structural analyses is shown in Figure 11,

where an interval-stochastic process characterization of material parameters is developed and included as uncertain input of the simulation.

The extensive research highlights presented in this article show the firm establishment of the concept of polymorphic uncertainty as a generalized data model in the scientific community. Nevertheless, future research in this field is anticipated, as there are still significant challenges to be handled in applicability to realistic problems, which are increasingly solved by ongoing developments of computing capacities.

Acknowledgement

None of the demonstrated scientific achievements would have been possible without funding from the German Research Foundation (DFG). Hence, the support in the realization and funding of the DFG for the Priority Programme 1886 is gratefully acknowledged. The Priority Programme's coordination team from TU Dresden thanks all participating principal investigators and researchers of all involved sub-projects for their excellent efforts in advancing the re-

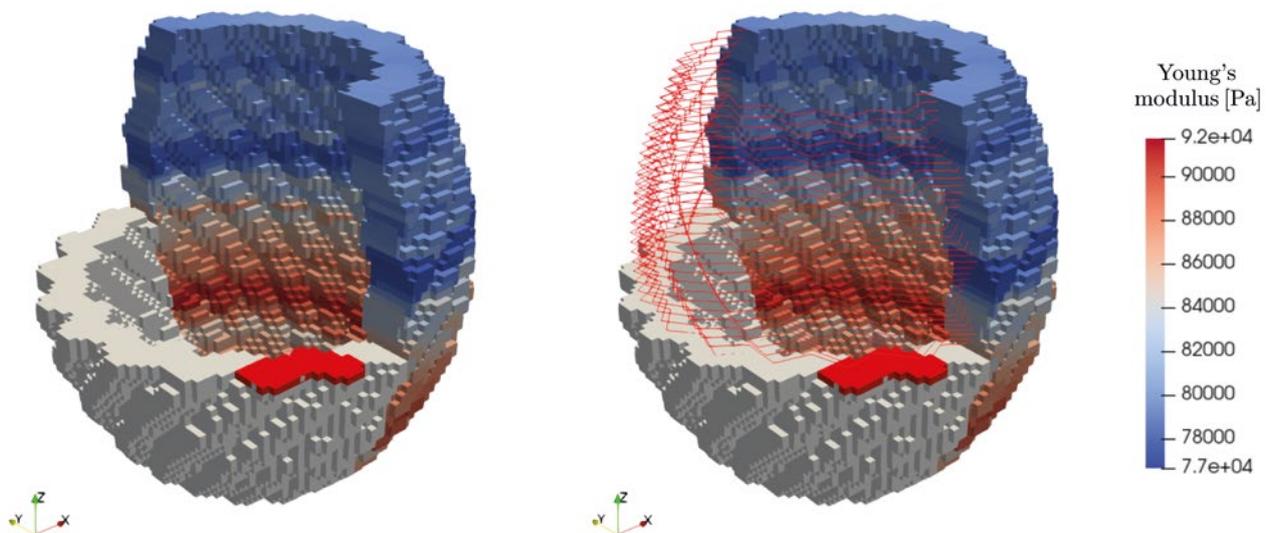


Fig. 11: FE-Model of an additively manufactured concrete structure – with time dependent Young's modulus due to the printing and curing processes: stepwise build-up (voxels added in current step marked red) of the numerical model along the print path (red path) – Figure kindly provided by sub-project SP 13.

search field of “Polymorphic Uncertainty Modelling for the Numerical Design of Structures”. The commitment of all participants in the joint events, mini-symposia, workshops and collaborative publications is highly appreciated. Special thanks are due to sub-projects SP 6, SP 8, SP 9, SP 10, SP 12, SP 13, SP 14 and SP 25 for providing the Figures which serve to illustrate the broad field of research of the Priority Programme 1886 in this article.

References

- [1] Dondl, P.; Luo, Y.; Neukamm, S.; Wolff-Vorbeck, S. Efficient uncertainty quantification for mechanical properties of randomly perturbed elastic rods. preprint on arXiv:2304.08785 [math.AP], 2023.
- [2] Drieschner, M.; Petryna, Y.; Freitag, S.; Edler, P.; Schmidt, A.; Lahmer, T. Decision making and design in structural engineering problems under polymorphic uncertainty. *Engineering Structures*, 231, 11649, 2021.
- [3] Edler, P.; Freitag, S.; Kremer, K.; Meschke, G. Optimization Approaches for the Numerical Design of Structures under Consideration of Polymorphic Uncertain Data. *ASCE-ASME Journal of Risk and Uncertainty in Engineering Systems, Part B: Mechanical Engineering*, 5, 041013, 2019.
- [4] Edler, P.; Freitag, S.; Meschke, G. Combination of Shifted Interval Method and Multilevel Surrogate Modelling Strategy for Optimization Problems Considering Polymorphic Uncertainties. In: Ji, X.; Lu, Z.-H.; Zhao, Y.-G. (Editors), *Proceedings of the 7th International Symposium on Reliability Engineering and Risk Management*, Beijing, China, 2020.
- [5] Edler, P.; Freitag, S.; Schoen, S.; Meschke, G. Adaptive surrogate modeling approach for structural optimization under uncertainties. In: Beer, M.; Zio, E.; Phoon, K.-K.; Ayyub, B. M. (Editors), *8th International Symposium on Reliability Engineering and Risk Management*, Hannover, Germany, 2022, Research Publishing, Singapore, pp. 373–380, 2022.
- [6] Eigel, M.; Gruhlke, R.; Moser, D.; Grasedyck, L. Numerical upscaling of parametric microstructures in a possibilistic uncertainty framework with tensor trains. *Computational Mechanics*, 71, pp. 615–636, 2023.
- [7] Eisentraudt, M.; Leyendecker, S. Fuzzy uncertainty in forward dynamics simulation. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 126, pp. 590–608, 2019.
- [8] Eisentraudt, M.; Leyendecker, S. Epistemic uncertainty in optimal control simulation. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 121, pp. 876–889, 2019.
- [9] Freitag, S.; Edler, P.; Kremer, K.; Meschke, G. Multilevel surrogate modeling approach for optimization problems with polymorphic uncertain parameters. *International Journal of Approximate Reasoning*, 119, pp. 81–91. Special Issue: Computing with confidence, 2020.
- [10] Götz, M.; Graf, W.; Kaliske, M. Numerical concepts for structural design with polymorphic uncertainty modelling, *International Journal of Reliability and Safety*, 9, pp. 112–131, 2015.
- [11] Graf, W.; Götz, M.; Kaliske, M. Analysis of dynamical processes under consideration of polymorphic uncertainty. In: Deodatis, G.; Ellingwood, B.; Frangopol, D. (Editors), *Safety, reliability, risk and life-cycle performance of structures and infrastructures (11th ICOSAR)*, Columbia University New York, 2013, book of abstracts: CRC Press, Boca Raton, p. 83, full paper: CRC Press, Taylor and Francis, London, pp. 453–460, 2014.
- [12] Graf, W.; Götz, M.; Kaliske, M. Analysis of dynamical processes under consideration of polymorphic uncertainty, *Structural Safety*, 52, pp. 194–201, 2015.
- [13] Miska, N.; Balzani, D. Method for the Analysis of Epistemic and Aleatory Uncertainties for a Reliable Evaluation of Failure of Engineering Structures. *International Journal for Uncertainty Quantification*, 12, pp. 23–45, 2022.
- [14] Scheiterer, E.S.; Leyendecker, S. Fuzzy forward dynamics of distinct gait phases with a prosthetic foot. *Computational Mechanics*, 70, pp. 501–513, 2022.
- [15] Scheiterer, E.S.; Heinrich, S.; Liphardt A.-M.; Leyendecker, S. Marker position uncertainty in joint angle analysis for normal human gait – a new error-modelling approach. *Biomedical Signal Processing and Control*, 2023, under review.
- [16] Schietzold, F.N.; Graf, W.; Kaliske, M. Multi-Objective Optimization of Tree Trunk Axes in Glulam Beam Design Considering Fuzzy Probability-Based Random Fields. *ASCE-ASME Journal of Risk and Uncertainty in Engineering Systems, Part B: Mechanical Engineering*, 7, pp. 020913-1–020913-10, 2021.
- [17] Schietzold, F.N.; Leichsenring, F.; Götz, M.; Graf, W.; Kaliske, M. Robustness versus Performance – Nested Inherence of Objectives in Optimization with Polymorphic Uncertain Parameters. *Advances in Engineering Software*, 156, 102932, 2021.
- [18] Schietzold, F.N.; Richter, B.; Graf, W.; Kaliske, M. Optimization of Glulam Beams with Spatially Dependent Polymorphic Uncertainty Modeling of Structural Inhomogeneity in Virtual Boards. *Proceedings in Applied Mathematics and Mechanics*, 22, e202100255, 2023.
- [19] Schmidt, A.; Lahmer, T. Efficient domain decomposition based reliability analysis for polymorphic uncertain material parameters. *Proceedings in Applied Mathematics and Mechanics*, 21, e202100014, 2021.
- [20] Schoen, S. M.; Edler, P.; Freitag, S.; Meschke, G. Durability analysis and optimization of a prestressed concrete bridge strengthened by a fiber reinforced concrete layer. In: Biondini, F.; Frangopol, D.M. (Editors), *Life-Cycle of Structures and Infrastructure Systems, Proceedings of the Eighth International Symposium on Life-Cycle Civil Engineering*, Milan, Italy, CRC Press/Balkema, Boca Raton, pp. 485–492, 2023.
- [21] Zschocke, S.; Leichsenring, F.; Graf, W.; Kaliske, M. A concept for data-driven computational mechanics in the presence of polymorphic uncertain properties. *Engineering Structures*, 267, 114672, 2022.
- [22] Zschocke, S.; Graf, W.; Kaliske, M. Polymorphic Uncertain Structural Analysis: Challenges in Data-Driven Inelasticity. *Proceedings in Applied Mathematics and Mechanics*, 22, e202200023, 2023.
- [23] Zschocke, S.; Graf, W.; Kaliske, M. Incorporating uncertainty in stress-strain data acquisition: extended model-free data-driven identification. *Proceedings in Applied Mathematics and Mechanics*, 23, e202300008, 2023.

Surveys for Applied Mathematics and Mechanics

- [24] Kaliske, M.; Graf, W. (Guest Editors): Polymorphic uncertainty modelling for the numerical design of structures, preface for special issue of Priority Programme 1886, *Surveys for Applied Mathematics and Mechanics*, 42, e201900003, 2019.
- [25] Schietzold, F.N.; Schmidt, A.; Dannert, M.M.; Fau, A.; Fleury, R.M.N.; Graf, W.; Kaliske, M.; Könke, C.; Lahmer, T.; Nackenhorst, U.; Development of fuzzy probability based random fields for the numerical structural design. *Surveys for Applied Mathematics and Mechanics*, 42, e201900004, 2019.
- [26] Mäck, M.; Caylak, I.; Edler, P.; Freitag, S.; Hanss, M.; Mahnken, R.; Meschke, G.; Penner, E. Optimization with constraints considering polymorphic uncertainties. *Surveys for Applied Mathematics and Mechanics*, 42, e201900005, 2019.
- [27] Kremer, K.; Edler, P.; Miska, N.; Leichsenring, F.; Balzani, D.; Freitag, S.; Graf, W.; Kaliske, M.; Meschke, G. Modeling of structures with polymorphic uncertainties at different length scales. *Surveys for Applied Mathematics and Mechanics*, 42, e201900006, 2019.
- [28] Schmidt, A.; Henning, C.; Herbrandt, S.; Könke, C.; Ickstadt, K.; Ricken, T.; Lahmer, T. Numerical studies of earth structure assessment via the theory of porous media using fuzzy probability based random field material descriptions. *Surveys for Applied Mathematics and Mechanics*, 42, e201900007, 2019.
- [29] Biehler, J.; Mäck, M.; Nitzler, J.; Hanss, M.; Koutsourelakis P.-S.; Wall, W.A. Multifidelity approaches for uncertainty quantification. *Surveys for Applied Mathematics and Mechanics*, 42, e201900008, 2019.

- [30] Papaioannou, I.; Daub, M.; Drieschner, M.; Duddeck, F.; Ehre, M.; Eichner, L.; Eigel, M.; Götz, M.; Graf, W.; Grasedyck, L.; Gruhlke, R.; Hömberg, D.; Kaliske, M.; Moser, D.; Petryna, Y.; Straub, D. Assessment and design of an engineering structure with polymorphic uncertainty quantification. *Surveys for Applied Mathematics and Mechanics*, 42, e201900009, 2019.
- [31] Drieschner, M.; Matthies, H. G.; Hoang, T.-V.; Rosi, B. V.; Ricken, T.; Henning, C.; Ostermeyer, G.-P.; Müller, M.; Brumme, S.; Srisupattarawanit, T.; Weinberg, K.; Korzeniowski, T.F. Analysis of polymorphic data uncertainties in engineering applications. *Surveys for Applied Mathematics and Mechanics*, e201900010, 2019.
- [32] Pivovarov, D.; Willner, K.; Steinmann, P.; Brumme, S.; Müller, M.; Srisupattarawanit, T.; Ostermeyer, G.-P.; Henning, C.; Ricken, T.; Kastian, S.; Reese, S.; Moser, D.; Grasedyck, L.; Biehler, J.; Pfaller, M.; Wall, W.; Kohlsche, T.; von Estorff, O.; Gruhlke, R.; Eigel, M.; Ehre, M.; Papaioannou, I.; Straub, D.; Leyendecker, S. Challenges of order reduction techniques for problems involving polymorphic uncertainty. *Surveys for Applied Mathematics and Mechanics*, 42, e201900011, 2019.

Lecture Notes

- [33] Kaliske, M.; Graf, W. (Editors): *Polymorphic Uncertainty Modelling for the Numerical Design of Structures*, Lecture Notes in Applied and Computational Mechanics, Springer, Cham, 2024, in preparation.



F. Niklas Schietzold, Dipl.-Ing., is research associate at the Institute for Structural Analysis at the Technische Universität Dresden, where he is currently pursuing a dissertation under supervision of Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Michael Kaliske. Before he was employed at this position, he studied Civil Engineering at the Technische Universität Dresden. With the significant influence of Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Graf's teaching and supervision, he specialised in the field of computational engineering, and finished his diploma in 2017, which was awarded by the "Günther-Grüning-Preis" for an outstanding thesis in the fields of development of structural safety assessment and numerical methods. He was involved as researcher in subprojects of both funding phases of the DFG Priority Programme 1886, where he was also actively involved in the organization of a number of joint events, internal workshops, mini-symposia and the coordination of joint publications.

His research interests are in the fields of polymorphic uncertainty modelling, the corresponding uncertainty quantification, multi-objective optimisation, robust design and surrogate modelling in uncertainty quantifications.



Wolfgang Graf, Prof. Dr.-Ing., taught at the Technische Universität Dresden. After his dissertation as Dr.-Ing. at the TU Dresden, he further pursued a research career at his university of origin. In 2000, he was awarded the professorship at the Institute for Structural Analysis and was dean of studies for distance learning from 2001 to 2020. Several major projects were advanced by him, as principle investigator of subprojects in the DFG Collaborative Research Centre 528 and in the DFG Research Unit 500. Since 2014, he is member of the Editorial Advisory Board of the *Journal of Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*. Finally, his scientific endeavours resulted – as member of the programme committee and as principle investigator – in the DFG Priority Programme 1886.

He retired in 2023 from his lecturer activities at TU Dresden but is still actively involved in the advance of researches and the successful completion of the DFG Priority Programme 1886. His research interests range from uncertainty quantification and computational dynamics to robust design optimisation and computational intelligence.



Michael Kaliske, Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil., is Director of the Institute for Structural Analysis at Technische Universität Dresden. After graduating 1989 from University College in Swansea, Wales, and 1991 from Universität Hannover, he obtained 1995 his Doctoral Degree and 1999 Habilitation from Universität Hannover. 1999 to 2002, he was responsible for the Department of Mechanics and Simulation Development at Continental AG, Hannover. In 2002, he got appointed full Professor for Structural Mechanics at Universität Leipzig and, since 2006, he holds the Chair for Structural Analysis at Dresden.

Further responsibilities are Secretary of GAMM since 2009 and he is Vice-President of IACM since 2022, among others. He was or is responsible as spokesperson for DFG Research Unit 2089, Priority Programme 1886 and Collaborative Research Center/Transregio 339.

Michael Kaliske is interested in modelling and simulation of structural behaviour at different length and time scales as well as its multi-physical phenomena. Moreover, research on uncertainty quantification and data modelling supplement the physical descriptions.

GENERATIVES LERNEN UND NUMERISCHE SIMULATION TURBULENTER STRÖMUNGEN

VON CLAUDIA DRYGALA, HANNO GOTTSCHALK UND FRANCESCA DI MARE

Neue Möglichkeiten durch Generatives Lernen

Generative künstliche Intelligenz beschäftigt die Wissenschaft, die Wirtschaft und die Öffentlichkeit stark. Spektakuläre Erfolge in der Bild- und Textgenerierung haben das Potenzial, ganze Branchen auf den Kopf zu stellen, zumal Textgenerierung sich auch auf Code für Programme oder das automatische Ausfüllen von Formularen beziehen kann. Auch wenn z.B. ChatGPT mathematische Probleme an einem bestimmten Schwierigkeitsgrad nicht besonders zuverlässig löst, wäre es verfrüht anzunehmen, dass das ganze Thema mit angewandter Mathematik nichts zu tun hat.

Wenn wir zunächst den Begriff des generativen Lernens als ein Verfahren beschreiben, welches aus Daten lernt, die bedingten Verteilungen hinter den Daten zu simulieren, fällt die Ähnlichkeit zur numerischen Mathematik ins Auge, denn auch in der numerischen Simulation wird die Lösung einer (partiellen) Differentialgleichung auf Basis von Geometrie und Randbedingungen generiert. Allerdings erfolgt dies aus Gleichungen und nicht aus Daten. Weiterhin bestimmen diese Bedingungen die Lösung eindeutig, wir haben es sozusagen mit einem deterministischen Grenzfall des generativen Lernens zu tun. Statistische Lernverfahren, wie beim Training von tiefen neuronalen Netzen, mögen diese deterministische Welt nicht unbedingt. Andererseits ist es durchaus möglich, das Simulationsproblem stochastisch zu relaxieren, indem Randbedingungen leicht gestört werden. In diesem Fall wären die generativen Lernverfahren, vom Standpunkt der statistischen Lerntheorie aus betrachtet, wieder im Spiel.

Welche neuen Möglichkeiten ergeben sich nun aus dem generativen Lernen für die angewandte Mathematik, zumal die Qualität der erlernten Lösung möglicherweise hinter der durch numerische Simulation erstellten Originals zurückbleiben wird?

Ein wesentliches Versprechen von KI-generierten numerischen Lösungen von Differentialgleichungen ist die Zeitersparnis. Sofern komplexe numerische Lösungen in kürzester Zeit erstellt werden könnten, erlaubt eine echtzeitfähige Generierung den Einsatz in der Steuerung und

nicht nur im Design technischer Anlagen. Weiterhin verspricht generative KI neue Möglichkeiten zur Lösung von inversen Problemen. Während im überwachten Lernen der Zusammenhang zwischen einem hochdimensionalen Input und einem niederdimensionalen Output aus Daten gelernt wird, verhält sich dies im generativen Lernen genau umgekehrt: Zu gegebenen Leistungsdaten können Design Alternativen erzeugt werden, die – bis auf die üblichen Fehler in statistischen Lernalgorithmen – diesen Leistungsparametern entsprechen.

Wie es mit Versprechen so ist: Nach einer gewissen Zeit des Vertrauensvorschusses sollten sie eingehalten werden. Die Aufgabe der angewandten Mathematik besteht daher bei aller Offenheit und Neugier auch in der kritischen Überprüfung, in welchen Anwendungsbereichen der numerischen Simulation und zu welchem Grad dies der Fall ist. Wie immer in der Wissenschaft und insbesondere in der Mathematik haben wir hierfür induktive und deduktive Erkenntnisquellen: Deduktiv in Form von Beweisen für die Lernbarkeit von Lösungen von (partiellen) Differentialgleichungen sowie der Identifikation geeigneter Annahmen, unter denen die Beweise funktionieren, und induktiv-experimentell in Form von Hype-freien Benchmarks mit einer klaren Anwendungsperspektive.

Statistische Lerntheorie mit chaotischer deterministischer Dynamik

Die Chaostheorie bildet das Bindeglied zwischen der deterministischen klassischen Mechanik und der statistischen Physik. Aus diesem Grund erscheinen chaotische dynamische Systeme besonders geeignet, generatives Lernen in die Simulation einzubringen. Der Ergodensatz von v. Neumann [8] liefert für eine chaotische Dynamik auf dem Zustandsraum X , $\varphi_t : X \rightarrow X$, mit einem eindeutig bestimmten invarianten Maß μ auf X unter geeigneten Annahmen die Äquivalenz von Ensemble-Mittel und zeitlichem Mittel

$$\lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T f \circ \varphi_t(x_0) dt = \int_{\Omega} f(x) d\mu(x) \quad \forall x_0 \in \Omega \quad (1)$$

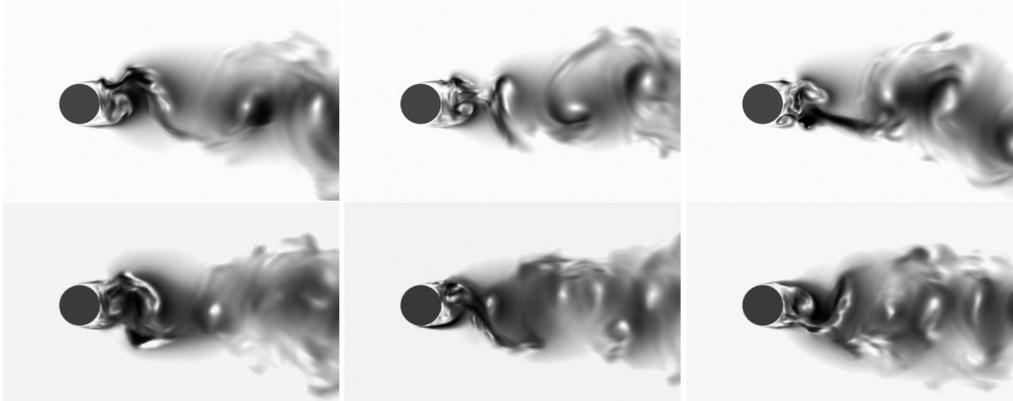


Abb. 1: Vergleich von Momentaufnahmen der Kármán-Wirbelstraße simuliert durch LES (oben) und DCGAN (unten). Quelle: [5]

Zwar löst man in der Praxis, etwa bei der Simulation einer turbulenten Strömung die zeitliche Dynamik $\varphi_t(x_0)$ mit Anfangswert x_0 aus X numerisch, das eigentliche Interesse gilt dann den Zeitmitteln einer Quantity of Interest (QoI) $f(\varphi_t(x_0))$ der, wie gesehen, aber auch als Ensemble-Mittel ausgedrückt werden kann. Wäre man in der Lage, aus μ mit geringem numerischen Aufwand unabhängig, identisch verteilte Zufallsvariablen zu ziehen, wäre die approximative Bestimmung des Ensemble-Mittels auf der rechten Seite von (1) einfach.

Diese Aufgabe kann nun mit Hilfe von generativem Lernen [6,9] angegangen werden. Hierbei tritt die berechnete Trajektorie $\varphi_t(x_0)$ an die Stelle der üblicherweise als unabhängig und identisch verteilt angenommenen Daten und Ergodizität ersetzt das Gesetz der Großen Zahlen in der statistischen Lerntheorie (SLT). So können i.W. dieselben Beweise aus der SLT, die z.B. erfolgreiches Lernen für generative, adversariale Netzwerke im Grenzfall großer Datenmengen beweisen [1], auch für das Lernen des invarianten Maßes bei deterministisch chaotischen Systemen heranziehen [3]. Hierfür muss man allerdings annehmen, dass das Optimierungsproblem, welches im Training auftritt, hinreichend gut gelöst werden kann, was in der Praxis nicht immer der Fall ist.

Auf dieser theoretischen Basis untersuchten wir die praktische Lernbarkeit von turbulenten Strömungen mit Hilfe

von generativen adversarialen Netzwerken (GAN). Diese Lernaufgabe wurde auch von anderen Gruppen untersucht [2,7], allerdings ohne die theoretische Absicherung durch SLT.

Generative Modellierung von Turbulenzen

In unseren Experimenten [3] trainierten wir auf turbulenten Strömungsfeldern, die aus Large-Eddy-Simulationen stammen [5,10]. Dabei untersuchten wir zwei GAN-Architekturen für zwei Testfälle turbulenter Strömungen im Detail. Wir verwendeten ein tiefes, Faltung-basiertes GAN (DCGAN) für den Testfall der Kármánschen Wirbelstraße. Im zweiten Testfall simulierten wir die Strömung um den Stator einer Niederdruckturbinen unter der Verwendung des konditionierten DCGAN pix2pixHD, das von der Position eines rotierenden Zylinders vor dem Stator abhängt. Die Abbildungen 1 und 2 zeigen, dass die jeweiligen GAN-Architekturen in der Lage waren, die feinen Strukturen der turbulenten Strömungen aufzufangen und auf visueller Ebene den Bildern der LES gerecht zu werden.

Erwähnenswert ist dabei, dass die jeweiligen GAN-Architekturen auf Basis einer moderaten Menge an Daten (5000 LES-Bilder für die Kármánsche Wirbelstraße und 2250 für die turbulente Strömung um den Niederdruckturbinen-Stator) trainiert worden sind.

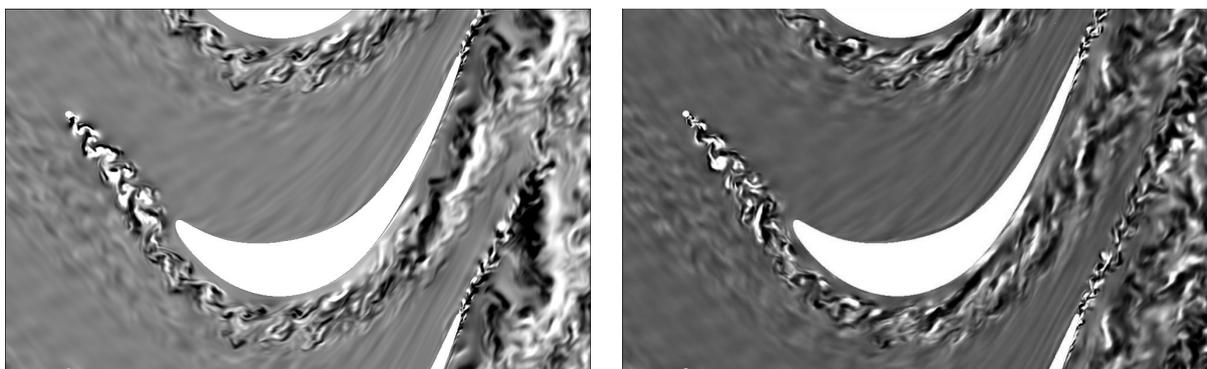


Abb. 2: Beispiel einer Momentaufnahme der turbulenten Strömung simuliert um den Stator einer Niederdruckkabine durch LES (links) und das konditionierte DCGAN (rechts). Quelle: [5]

	LES	GAN Training	GAN Inferenz
Maschine	560 CPU Kerne der Intel Xeon "Skylake" Gold 6132 @2.6 GHz	GPU Quatro RTX 8000 with 48 GB	
Testfall Kármán Wirbelstraße	72 Core Weeks ⇒ 1 Tag/5000 Bilder	1.5 Min/Epoche	0.001 Sek/Bild ⇒ 5 Sek/5000 Bilder
Testfall Stator um Niederdruckkabine	640 Core Weeks ⇒ 8 Tage/2250 Bilder	17 Min/Epoche	0.01 Sek/Bild ⇒ 22.5 Sek/2250 Bilder

Tabelle 1: Vergleich der Rechenzeiten für die LES und das Training sowie die Inferenz der GAN-Architekturen.

Tabelle 1 zeigt, dass die Trainings- und Inferenzzeiten des GAN im Vergleich zum klassischen numerischen Verfahren LES deutlich kürzer sind, so dass die Simulationszeiten für turbulente Strömungen um einen Faktor von bis zu 1000 reduziert werden konnten.

Generatives Lernen von Strömungen mit veränderlicher Geometrie

Für den Testfall der Strömung um den Stator einer Niederdruckturbine [3] verwendeten wir ein konditioniertes DC-GAN. Aber wie wird ein GAN mit einer Bedingung versehen und welchem Zweck dient die Konditionierung? Ein GAN kann konditioniert werden, indem Zusatzinformationen, wie z.B. Annotationen von Klassen, über einen zusätzlichen Kanal an den Diskriminator und den Generator weitergegeben werden. In unserem Fall handelte es sich bei der Zusatzinformation um die Position des rotierenden Zylinders vor dem Stator, welche wir dem GAN als binäre Segmentierungsmaske übergaben. Die Konditionierung des GAN dient insbesondere zur Steuerung des Datenerzeugungsprozesses mit dem trainierten Generator. So konnten wir kontrollieren, dass der rotierende Zylinder während der Inferenz in die richtige Position gebracht wurde. Wir haben uns für das spezielle konditionierte DCGAN pix2pixHD entschieden, da der Generator und Diskriminator besondere Eigenschaften in der Architektur aufweisen, die es ermöglichen, hochauflösende Bilder zu synthetisieren.

Und die Physik? Informationstheoretische Garantien für physikalische Vorhersagen

Man könnte dem generativen Lernen entgegenhalten, dass nur auf visuelle Ähnlichkeit trainiert wird, die Physik jedoch außer Acht gelassen wird. Wird eine physikalisch motivierte Größe als QoI betrachtet, welche Garantien gibt es dafür, dass z.B. die durch ein GAN erzeugten Turbulenzen diese korrekt wiedergeben? Die statistische Lerntheorie für GAN gibt hier eine Antwort: Man kann zeigen, dass erfolgreiches GAN-Lernen ein geeignetes informationstheoretisches Abstandsmaß zwischen dem invarianten Maß der Dynamik μ und dem vom GAN repräsentierten, erlernten Maß unter den gängigen Annahmen der SLT asymptotisch verschwindet. Die üblichen, im generativen, adversarialen Lernen verwendeten Abstandsmaße sind die Jensen-Shannon Divergenz oder die Wasserstein-1-Metrik. Allgemeiner können auch sogenannte f -Divergenzen für generatives, adversariales Lernen verwendet werden. Konvergieren diese gegen null, erzwingt dies automatisch die uniforme Konvergenz so gut wie aller denkbaren QoI, die auf der Auswertung einer Funktion auf dem Zustand im zeitlichen Mittel beruhen [3]. Daher ist es keine Überraschung und kein Glück, wenn physikalische Größen, die den Zustand einer turbulenten Strömung charakterisieren, sich aus generativem Lernen korrekt bestimmen lassen. Basierend auf dieser Erkenntnis evaluierten wir die statistischen Eigenschaften der LES- und GAN-modellierten turbulenten Strömungen mithilfe von geeigneten physik-

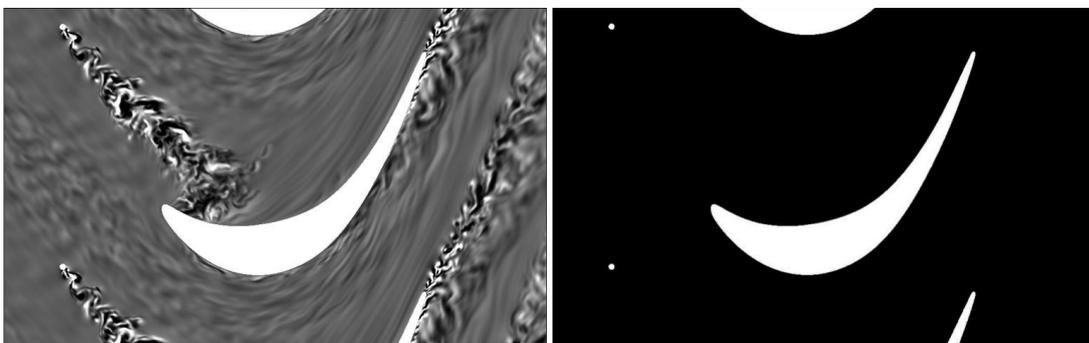


Abb. 3: Ein Bild aus den Trainingsdaten und die zugehörige binäre Segmentierungsmaske. Quelle: [5]

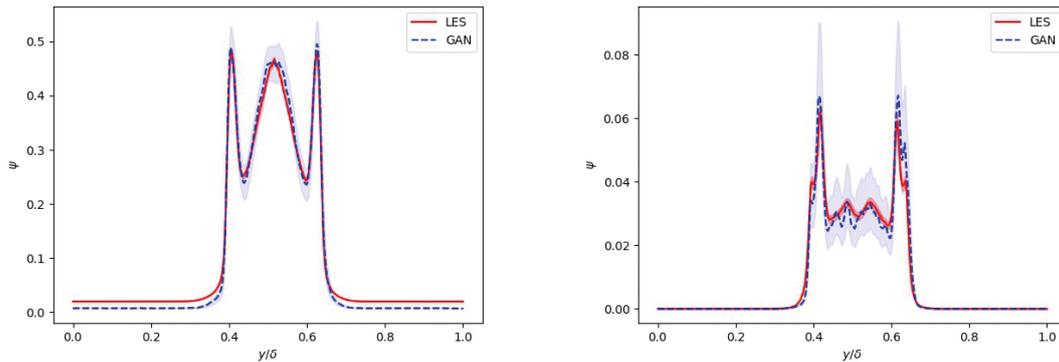


Abb. 4: Vergleich der mittleren Pixelwerte (links) und der statistischen Fluktuation der Abweichung von den mittleren Geschwindigkeiten (rechts) entlang der y -Achse für die mit LES und GAN-modellierte Kármán-Wirbelstraße. Die blau und rot schattierten Bereiche zeigen die 95% Konfidenzintervalle der Varianz für die jeweiligen Kurven an. Beide Datensätze wurden vor der Auswertung normalisiert. Quelle: [5]

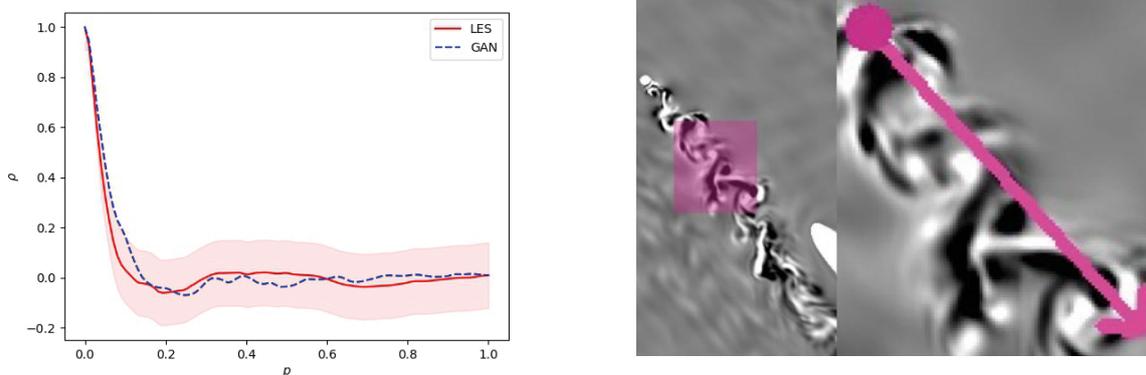


Abb. 5: Vergleich der punktwweisen Korrelation (links) innerhalb eines untersuchten Bereichs (mitte) entlang der x -Achse (rechts) für die mit LES und GAN-modellierten Strömungsfelder. Der rot schattierte Bereich zeigt das 95% Konfidenzintervall der Korrelation für die LES Kurve. Quellen: [5, 6]

basierten Metriken. Für den Testfall der Kármánschen Wirbelstraße wurden die mittleren Pixelwerte sowie die statistische Schwankung der Abweichung von der mittleren Geschwindigkeit entlang der y -Achse in einem kleinen Bereich von 12 Pixelwerten direkt hinter dem Zylinder betrachtet. Im Falle der turbulenten Strömung um den Stator einer Niederdruckkabine untersuchten wir die punktweise Korrelation innerhalb eines Bereiches unmittelbar hinter dem Zylinder. Die Nahaufnahme in Abbildung 5 zeigt den Punkt, anhand dessen die Korrelation berechnet wurde, sowie die Richtung, in welcher die Korrelationsberechnung durchgeführt wurde. Unsere Untersuchungen haben letztlich ergeben, dass die GAN-synthetisierten turbulenten Strömungen auch bzgl. der physik-basierten Metriken exzellent mit den Strömungen der LES übereinstimmen, was anhand der Abbildungen 4 und 5 zu erkennen ist.

Die Gretchen-Frage nach der Generalisierung

Die Frage liegt nahe, ob generatives Lernen für die numerische Simulation einen Nutzen hat. Denn um ein Modell zu trainieren, benötigt man ja bereits Daten aus der numerischen Simulation. Warum wertet man dann nicht die Originaldaten aus und spart sich den Umweg über das generative Lernen?

Damit generative Verfahren nützlich sein können, müssen sie auch dann turbulente Strömungen approximativ korrekt erzeugen, wenn die gegebenen Fluidparameter, Randbedingungen und die geometrische Beschreibung des durchflossenen Gebietes nicht im Trainingssatz enthalten waren. Mit anderen Worten, die gelernten Modelle müssen über Parameter und Randbedingungen generalisieren. Wir haben erste Studien durchgeführt [4], um die Verallgemeinerungsfähigkeiten von GAN-basierten Turbulenzgeneratoren zu bewerten, wenn geometrische Änderungen in den Strömungskonfigurationen auftreten. Insbesondere schlossen wir Wirbelschleppenpositionen in bestimmten Regionen aus den Trainingsdaten aus und verwendeten diese ungesesehenen Daten zum Testen. Wir untersuchten, wie viele Trainingsdaten weggelassen werden können, indem die Regionen der extrahierten Wirbelschleppenpositionen sukzessive erweitert wurden und somit die Variation in den Trainingsdaten reduziert wurde, um immer noch vernünftige Darstellungen des Strömungsfeldes durch das konditionierte DCGAN zu erhalten. Es wurden zwei Strategien angewandt, um die Daten in Trainings- und Testdaten aufzuteilen. Bei der ersten Strategie extrahierten wir aus den Trainingsdaten aufeinanderfolgende Bilder einer Periode, während wir bei der zweiten Strategie die Bildrate der Trainingsdaten in regelmäßigen Abständen reduzierten,

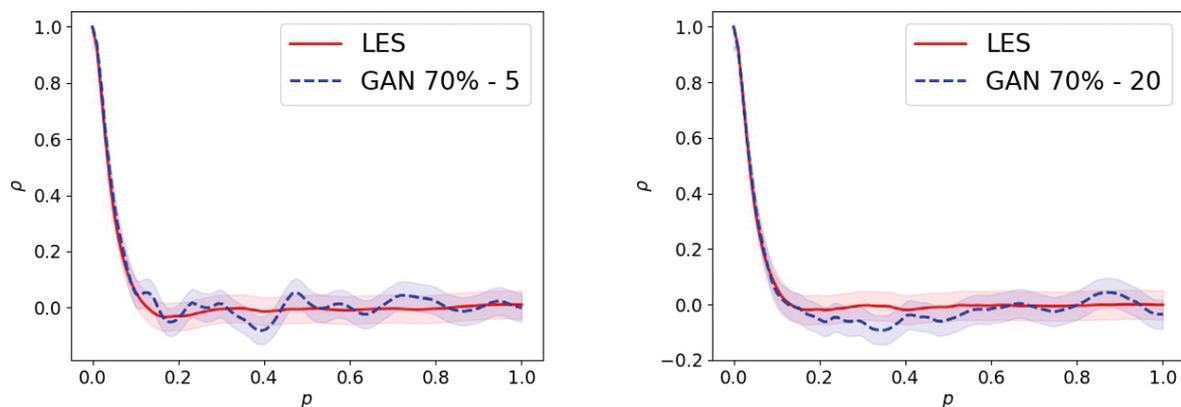


Abb. 6: Vergleich der punktwisen Korrelation für die LES- und GAN-synthetisierten turbulenten Strömungsfelder, wobei die Bildrate im Datensatz um 70% in 5 und 20 regelmäßigen Abständen reduziert wurde. Die rot und blau schattierten Bereiche geben die 95%-Konfidenzintervalle der jeweiligen Kurve an. Quelle: [6]

wobei die Anzahl der Intervalle zwischen 5, 10 und 20 variierte. Je höher die Anzahl der Intervalle ist, desto geringer ist die Verringerung der Bildrate in einer bestimmten Region. Die Testdaten werden durch die extrahierten Bilder dargestellt. Die Experimente haben gezeigt, dass die Wahl der Partitionierungsstrategie einen signifikanten Einfluss auf die Inferenzergebnisse hatte. Während bei der ersten Strategie, bei der aufeinanderfolgende Bilder extrahiert werden, nur etwa 25 % der Trainingsdaten weggelassen werden konnten, konnten bei der zweiten Strategie in 20 Intervallen bis zu 70 % der Trainingsdaten weggelassen werden, ohne dass die Qualität der erzeugten Turbulenzen zur Inferenzzeit in Bezug auf die visuelle Ebene und den Vergleich mit physikalisch basierten Metriken verloren ging. Unsere Experimente zeigten also nicht nur die Generalisierungsfähigkeit des konditionierten DCGAN, sondern auch, dass wir noch mehr Rechenzeit einsparen können, indem wir nicht so viele Daten für das Training simulieren müssen, und dass die Trainingszeit des GAN um mehr als 50% reduziert werden konnte, indem nur 30% der Daten für das GAN-Training verwendet wurden.

Kommen Foundation-Models für numerische Simulation?

Foundation Models sind große, auf enormen Datenmengen trainierte generative neuronale Netzwerke, die sowohl im Bild- als auch im Sprachbereich Erstaunliches leisten, auch wenn die Zuverlässigkeit noch zu wünschen lässt. Da Simulationsdaten eben auch Daten sind, gibt es keinen prinzipiellen Grund, weshalb ausgerechnet diese Daten nicht lernbar sein sollten. Randbedingungen und Geometrie fungieren als ‚Prompts‘, zu denen dann geeignete Lösungen generiert werden. Trotzdem existieren aktuell einige praktische Faktoren, die einem Foundation Model für physikalische Simulation einstweilen noch entgegenstehen.

Der wichtigste Faktor ist sicher die Verfügbarkeit von Simulationsdaten im Internet, so dass eine Ansammlung von Datenmengen in einem vergleichbaren Umfang wie bei auf Sprache und Bild trainierten Foundation Models aktuell nicht möglich ist. Zweitens ist, wenn Daten publiziert wurden, das Format in hohem Maße uneinheitlich. Zumal in vielen Fällen nur Modelle und Simulationscode sowie Post-processing Größen veröffentlicht sind, und nicht die Lösungen auf den jeweiligen Rechengittern selbst. Drittens fehlt es an einem erlernten Encoding von Geometrie und sonstigen Randbedingungen, die aber eine Voraussetzung für erfolgreiches ‚Prompting‘ sind. Eine mögliche Lösung wäre ein Training auf CAD-Inputformaten, aber auch CAD Dateien sind im Netz ein vergleichsweise seltenes Datenformat. Viertens ist die technisch relevante numerische Simulation heutzutage dreidimensional und manchmal instationär, so dass drei- oder vierdimensionale Datenformate verarbeitet werden müssen. Die Standard-Technologie für Bilderzeugung in generativer KI arbeitet mit zwei Dimensionen. Für Videodaten gibt es im Computer Vision Bereich bereits gut entwickelte Technologie, so dass Baselines für 3D Generierung vorhanden sind. Für drei Raum und eine Zeitdimension wird die Luft hingegen dünn. Allerdings ist die Dynamik sowohl bei der Entwicklung von Modellen als auch bei der Hardware hoch. Dies stärkt jedoch auch die Entwicklung der klassischen numerischen Verfahren. Zusammenfassend kann man sagen, dass die Hürden für Foundation Models in der Simulation hoch sind, aber keineswegs unüberwindbar.

Eines aber ist klar: Klassische numerische Simulation würde auch im Falle von erfolgreichen generativen Modellen gebraucht, als Datenpipeline und als Mittel zur Qualitätskontrolle. Foundation Models für Simulation und klassische numerische Verfahren werden sich daher gemeinsam weiterentwickeln, und nicht gegeneinander.

Literatur

- [1] Asatryan, Hayk, et al. "A convenient infinite dimensional framework for generative adversarial learning." *Electronic Journal of Statistics* 17.1 (2023): 391-428.
- [2] Bode, M., et al. "Using physics-informed enhanced super-resolution generative adversarial networks for subfilter modeling in turbulent reactive flows." *Proceedings of the Combustion Institute* 38.2 (2021), 2617-2625.
- [3] Drygala, C. Winhart, B., di Mare, F. and Gottschalk, H.: "Generative modeling of turbulence", *Physics of Fluids* 34, (2022), 035114.
- [4] Drygala, C., di Mare, F. and Gottschalk, H.: „Generalization capabilities of conditional GAN for turbulent flow under changes of geometry," *Eurogen* (2023).
- [5] Fröhlich, Jochen. "Large eddy simulation turbulenter Strömungen". Vol. 1. Wiesbaden: Teubner, 2006.
- [6] Goodfellow, I., et al. "Generative adversarial networks." *Communications of the ACM* 63.11 (2020): 139-144.
- [7] King, R., Graf O., and Chertkov, M.: "Creating turbulent flow realizations with generative adversarial networks", in *Proceedings of the APS Division of Fluid Dynamics Meeting Abstracts* (2017), A31.008.
- [8] Neumann, J. V.: "Proof of the quasi-ergodic hypothesis." *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 18(1), (1932), 70-82.
- [9] Rombach, R., Blattmann, A., Lorenz, D., Esser, P., and Ommer, B.: "High-resolution image synthesis with latent diffusion models". In *Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition* (pp. 10684-10695).
- [10] Winhart, B., Sinkwitz, M., Schramm, A., Post, P., and di Mare, F.: "Large eddy simulation of periodic wake impact on boundary layer transition mechanisms on a highly loaded Low-Pressure Turbine Blade." *Proceedings of the ASME Turbo Expo 2020: Turbomachinery Technical Conference and Exposition. Volume 2E: Turbomachinery. Virtual, Online. September 21–25, 2020. V02ET41A013. ASME. <https://doi.org/10.1115/GT2020-14555>*



Claudia Drygala ist wissenschaftliche Mitarbeiterin und Doktorandin am Lehrstuhl für Mathematische Modellierung von industriellen Lebenszyklen an der TU Berlin. Sie hat ihr Mathematikstudium 2020 an der Bergischen Universität Wuppertal abgeschlossen, wo sie anschließend als wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Arbeitsgruppe Stochastik tätig war. Seit Oktober 2022 ist sie mit ihrem Forschungsprojekt und ihrem Supervisor Hanno Gottschalk im Graduiertenkolleg DataNinja NRW assoziiert. In ihrer Forschung beschäftigt sie sich mit generativen Lernverfahren für Problemstellungen im Bereich des autonomen Fahrens und der Strömungsdynamik, insbesondere um den Annotations- und Rechenaufwand zu reduzieren..



Hanno Gottschalk leitet den Lehrstuhl für Mathematische Modellierung für Industrielle Lebenszyklen an der TU Berlin und ist Mitglied im Exzellenzcluster Math+ und dem Werner von Siemens Center. Er studierte Physik und Mathematik an der Universität Freiburg und der Ruhr Universität Bochum und promovierte 1999 in Bochum Mathematischer Physik bei Sergio Albeverio. Nach einem PostDoc Aufenthalt an der Universität "La Sapienza" in Rom arbeitete er am Institut für angewandte Mathematik an der Universität Bonn, wo er 2003 habilitierte. Von 2007 bis 2011 war er Core Competency Owner für Probabilistic Design bei Siemens Energy in Mülheim. 2011 wurde er als Professor für Stochastik an die Bergische Universität Wuppertal berufen, an der er bis März 2023 lehrte und forschte. In seiner Forschung verbindet er Computer Vision mit angewandter Mathematik.



Francesca di Mare leitet den Lehrstuhl für Thermische Turbomaschinen und Flugtriebwerken an der Ruhr-Universität Bochum. Von 2009 bis 2017 war Francesca di Mare am Institut für Antriebstechnik, DLR Köln, tätig. 2014 wurde Francesca di Mare auf die W2 Professur für Numerische Gasdynamik für Energieumwandlungssysteme nach dem Jülicher Modell an der TU Darmstadt berufen und in 2016 übernahm sie dort die Leitung der Verbrennungsforschung im Rolls-Royce University Technology Centre Combustor/Turbine Interaction (Direktor: Prof. H.-P. Schiffer). Im Juni 2017 wurde Francesca di Mare zur Abteilungsleiterin der Abteilung Brennkammer am Institut für Antriebstechnik des DLR in Köln ernannt. Diese Funktion hatte sie bis September 2018 inne. Francesca di Mare beschäftigt sich mit Turbulenzmodellierung (LES, RANS), und der numerischen Simulation von turbulenten, kompressiblen und inkompressiblen, reagierenden, mehrphasigen Strömungen in Turbomaschinen und Flugtriebwerken. Sie ist Senior Member AIAA, Mitglied der International Association for the Properties of Water and Steam (IAPWS) und der German-Swiss Association for the Properties of Water and Steam (GSAPWS), Vorsitzende der IAPWS Arbeitsgruppe Industrial Requirements and Solutions und Mitglied der Steering Board des ERCOFTAC Special Interest Group Non-Ideal Compressible Fluid Dynamics (ERCOFTAG-SIG49). Sie koordiniert darüber hinaus den Forschungsbereich C des FB/TRR287 BULK-REACTION und ist Mitglied des Koordinationsteams des Schwerpunktprogramm 2304 „Carnot Batteries: Inverse Design from Markets to Molecule“.

Upcoming Events from

Society for Industrial and Applied Mathematics



2024

ACM-SIAM Symposium on Discrete Algorithms (SODA24)

January 7–10, 2024
Alexandria, Virginia, U.S.

SIAM Symposium on Algorithm Engineering and Experiments (ALENEX24)

January 7–8, 2024
Alexandria, Virginia, U.S.

SIAM Symposium on Simplicity in Algorithms (SOSA24)

January 8–10, 2024
Alexandria, Virginia, U.S.

SIAM Conference on Uncertainty Quantification (UQ24)

February 27–March 1, 2024
Trieste, Italy

SIAM Conference on Parallel Processing for Scientific Computing (PP24)

March 5–8, 2024
Baltimore, Maryland, U.S.

SIAM International Meshing Roundtable Workshop (SIAM IMR24)

March 5–8, 2024
Baltimore, Maryland, U.S.

SIAM International Conference on Data Mining (SDM24)

April 18–20, 2024
Houston, Texas, U.S.

SIAM Conference on Applied Linear Algebra (LA24)

May 13–17, 2024
Paris, France

SIAM Conference on Mathematical Aspects of Materials Science (MS24)

May 19–23, 2024
Pittsburgh, Pennsylvania, U.S.

SIAM Conference on Imaging Science (IS24)

May 28–31, 2024
Atlanta, Georgia, U.S.

SIAM Conference on the Life Sciences (LS24)

June 10–13, 2024
Portland, Oregon, U.S.

SIAM Conference on Mathematics of Planet Earth (MPE24)

June 10–12, 2024
Portland, Oregon, U.S.

SIAM Conference on Nonlinear Waves and Coherent Structures (NWCS24)

June 24–27, 2024
Baltimore, Maryland, U.S.

SIAM Annual Meeting (AN24)

July 8–12, 2024
Spokane, Washington, U.S.

SIAM Conference on Applied Mathematics Education (ED24)

July 8–9, 2024
Spokane, Washington, U.S.

SIAM Conference on Discrete Mathematics (DM24)

July 8–11, 2024
Spokane, Washington, U.S.

SIAM Conference on Mathematics of Data Science (MDS24)

October 21–25, 2024
Atlanta, Georgia, U.S.

2025

ACM-SIAM Symposium on Discrete Algorithms (SODA25)

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

SIAM Symposium on Algorithm Engineering and Experiments (ALENEX25)

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

SIAM Symposium on Simplicity in Algorithms (SOSA25)

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

SIAM Conference on Computational Science and Engineering (CSE25)

March 2–7, 2025
Fort Worth, Texas, U.S.

SIAM International Conference on Data Mining (SDM25)

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

This information is current as of December 2023.

For more information visit siam.org/conferences

Assistant Professor Dr. Silke Glas

absolvierte ihr Studium der Wirtschaftsmathematik an der Universität Ulm. Nach ihrem Abschluss arbeitete sie als wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Universität Duisburg-Essen und darauffolgend an der Universität Ulm, wo sie ihre Dissertation über Modellreduktion von variationellen Ungleichungen anfertigte. Während ihrer Zeit in Ulm war sie Gründungsmitglied der dortigen GAMM-Nachwuchsgruppe. Nach ihrer Promotion ging sie als Post-Doktorandin an die Cornell University, um an einem Projekt der Simons Foundation zur Optimierung von Kernfusionsreaktoren zu forschen. Seit 2022 ist sie Assistant Professor an der Universität Twente in den Niederlanden mit Forschungsschwerpunkt auf Modellreduktion auf Mannigfaltigkeiten. Seit Februar 2023 ist sie Mitglied des Vorstands des GAMM Fachausschusses Computational Science and Engineering (CSE).

Mathematische Modelle zur Approximation komplexer physikalischer Prozesse können oft hochdimensional sein und erfordern daher viel Rechenzeit. In Fällen, in denen wiederholte Auswertungen oder Echtzeitauswertungen benötigt werden, ist Modellreduktion eine beliebte Methode, um schnellere Simulationen mit reduzierten Modellen zu ermöglichen. Diese reduzierten Modelle besitzen oft Garantien, wie beispielsweise eine Fehlerabschätzung im Vergleich zum ursprünglichen hochdimensionalen Modell. Dadurch erhält man nicht nur schnellere Berechnungen, sondern auch Information über die Qualität des reduzierten Modells.

Während ihrer Promotion im Rahmen des DFG-Schwerpunktprogramms 1324 forschte Silke Glas unter der Betreuung von Prof. Karsten Urban an Modellreduktionsmethoden für variationelle Ungleichungen, die in einer Raum-Zeit-Formulierung geschrieben werden und bestimmten Stabilitätsbedingungen unterliegen [1]. Variationelle Ungleichungen dieser Art treten beispielsweise im Finanzwesen bei der Handelsstrategie von Termingeschäften sowie in der Mechanik bei der Auslenkung einer elastischen Membran auf, die durch ein Hindernis begrenzt wird. Die entwickelten Modellreduktionsmethoden basieren auf den Reduzierte-Basis-Methoden, die den reduzierten Raum als linearen Unterraum konstruieren. Eine Gegenüberstellung von Reduzierte-Basis-Methoden mit Zeitschritt-Verfahren und Raum-Zeit-Methoden ist in [2] zu finden. Nach dem Abschluss ihrer Promotion war Silke Glas Teil des BMBF Projekts AEIT, welches sich mit der optimalen Steuerung des Handels von untertags gehandelter Elektrizität befasste [3]. Des Weiteren entwickelte sie Fehlerschätzer für die Reduzierte-Basis-Methode für die Wellengleichung formuliert als System zweiter Ordnung [4]. Zusätzlich veröffentlichte sie weitere Arbeiten zu Raum-Zeit-Methoden mit Schwerpunkt auf nichtlinearem elastischem Verhalten [5] und Starrkörpersimulationen [6].

Im Jahr 2019 wechselte Silke Glas an die Cornell University in Ithaca, USA, wo sie unter der Leitung von Prof. David Bindel an einem Projekt der Simons Foundation zur Optimie-

rung von Kernfusionsreaktoren forschte. In diesem Projekt wurde ein Ansatz mit einer Zwei-Schritt-Optimierung verwendet. Im ersten Schritt wird der Rand eines Plasmas im

Reaktor optimiert. In Schritt zwei werden dann die Spulen des Reaktors so angepasst, dass diese das Plasma mit den Randbedingungen aus dem Schritt eins einschließen. In [7] wird untersucht, wie die Spulen konstruiert werden müssen, so dass kleine Produktionsfehler in der Fertigung keine großen Auswirkungen auf den Rand des Plasmas haben.

Dieses Projekt weckte das Interesse von Silke Glas an Strukturhaltung, da die kinetischen Gleichungen, die ein Plasma beschreiben, als hamiltonisches System formuliert werden können. Numerische Simulationen dieser Gleichungen sind entscheidend, um Fusion auf der Erde langfristig möglich zu machen. Allerdings benötigen diese Simulationen eine sehr lange Rechenzeit. Daher sind reduzierte Modelle geeignet, die diese aufwändigen Simulationen beschleunigen,

aber gleichzeitig auch deren zugrundeliegende Struktur erhalten. Mit dem Ausdruck „Struktur erhalten“ ist hier speziell gemeint, dass das reduzierte Modell ebenfalls ein hamiltonisches System ist, genau wie das hochdimensionale Modell. Gleichzeitig kann es sein, dass das hamiltonische System in die Problemklasse der transport-dominanten Probleme fällt. Dann stellt sich zusätzlich die Frage, wie verbesserte Modellreduktionsmethoden für transport-dominante Probleme entwickelt und implementiert werden können. Modellreduktionsmethoden auf linearen Unterräumen können für die Problemklasse der transport-dominanten Probleme langsam abfallende Kolmogorov-N-Weiten haben. Die Kolmogorov-N-Weiten geben den bestmöglichen Fehler an, den ein reduziertes Modell während der Simulation erreichen kann. Ein langsamer Abfall der Kolmogorov-N-Weiten bedeutet, dass ein lineares reduziertes Modell mit geringer Dimension möglicherweise keine ausreichende Approximationsgüte bietet.

Seit Januar 2022 erweitert Silke Glas, nun Assistant Professor an der Universität Twente, die Modellreduktion auf linearen Unterräumen zu Modellreduktion auf Mannigfal-

STECKBRIEF



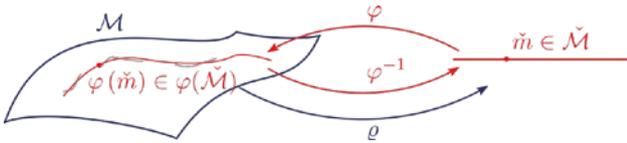


Abb. 1: Idee von Modellreduktion auf Mannigfaltigkeiten: Rechts: Reduzierte Mannigfaltigkeit (rot); Mitte: Einbettung (rot) und Punkt-Reduktion (blau); Links: Lösungsmannigfaltigkeit, die es zu approximieren gilt (grau), hochdimensionale Mannigfaltigkeit (blau) und reduzierte eingebettete Mannigfaltigkeit (rot); Grafik aus [8].

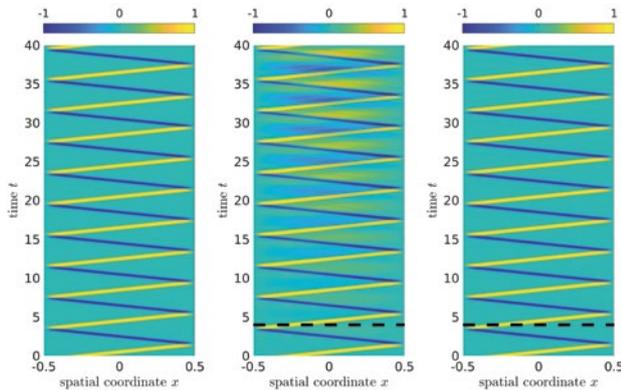


Abb. 2: Zeitextrapolation für verschiedene strukturerhaltende Modellreduktionsmethoden für hamiltonische Systeme: Die Abbildung zeigt links die hochdimensionale Lösung, die approximiert werden soll. In der Mitte wird die Auswertung der linearen strukturerhaltenden Modellreduktion präsentiert, bei der Unterschiede in der Genauigkeit über die Zeit erfasst werden können. Rechts wird das reduzierte strukturerhaltende Modell auf Mannigfaltigkeiten gezeigt, welches eine bessere Approximationsgüte gegenüber den linearen Modellen aufzeigt. Die gestrichelte schwarze Linie zeigt das Ende des Trainingsintervalls an, $T=4$, und die Zeitextrapolation läuft bis $T=40$; Grafik aus [12].

tigkeiten [8]. Dabei wird die Lösungsmannigfaltigkeit des hochdimensionalen Modells durch eine eingebettete Mannigfaltigkeit approximiert. Darüber hinaus wird eine Punkt-

Reduktion von der hochdimensionalen Mannigfaltigkeit auf die reduzierte Mannigfaltigkeit so konstruiert, dass die Komposition der Einbettung und der Punkt-Reduktion eine nicht-lineare Projektion ergibt (siehe Abb. 1). Für Ansätze, bei denen zunächst die Dimension mit einer linearen Modellreduktionsmethode reduziert wird und anschließend eine Modellreduktion auf Mannigfaltigkeiten durchgeführt wird, kann gezeigt werden, dass eine modifizierte Kolmogorov-N-Weite gilt [9].

Bei der Reduktion von hamiltonischen Systemen auf Mannigfaltigkeiten bestehen Herausforderungen darin, wie die reduzierten Modelle aus Daten konstruiert werden können und unter welchen Bedingungen die strukturerhaltenden reduzierten Modelle optimal sein können. Die letztgenannte Herausforderung wird in [10] für einen speziellen Fall von quadratischen hamiltonischen Systemen mit Modellreduktion auf linearen Unterräumen beantwortet. Für die zweite Herausforderung, nämlich das strukturerhaltende reduzierte Modell aus Daten zu generieren, wird in [11] ein Autoencoder trainiert, bei dem die Strukturerhaltung in die Verlustfunktion integriert wird. Eine weitere Strategie zur Erhaltung der Struktur im reduzierten Modell wird in [12] beschrieben. Diese ermöglicht es, eine beliebige Projektion ohne Struktur zu wählen und diese dann in eine strukturerhaltende Projektion weiterzuentwickeln. Außerdem wird diese Methode der Modellreduktion auf einer quadratischen Mannigfaltigkeit umgesetzt und kann so eine bessere Approximationsgüte über ein längeres Zeitintervall im Vergleich zur linearen strukturerhaltenden Modellreduktion erzielen (siehe Abb. 2).

Aktuell untersucht Silke Glas wie strukturerhaltende Modellreduktion auf Mannigfaltigkeiten auf weitere Systeme, wie beispielsweise port-hamiltonische Systeme, erweitert werden kann. Ein Schwerpunkt liegt dabei auf der Generierung effizienter strukturerhaltender Modelle aus Anwendungsdaten.

Literatur

- [1] S. Glas, K. Urban, On noncoercive variational inequalities, *SIAM Journal on Numerical Analysis*, 52(5):2250–2271, <https://doi.org/10.1137/130925438>, (2014).
- [2] S. Glas, A. Mayerhofer, K. Urban, Two ways to treat time in reduced basis methods, In: Benner P., Ohlberger M., Patera A., Rozza G., Urban K. (eds) *Model Reduction of Parametrized Systems. MS&A (Modeling, Simulation and Applications)*, vol 17. Springer, Cham, https://doi.org/10.1007/978-3-319-58786-8_1, (2017).
- [3] S. Glas, R. Kiesel, S. Kolkman, M. Kremer, N. Graf von Luckner, L. Ostmeier, K. Urban and M. Weber, Intraday Renewable Intraday Trading: Advanced Modeling and Optimal Control, *Journal of Mathematics in Industry*, 10(1):3., <https://doi.org/10.1186/s13362-020-0071-x>, (2020).
- [4] S. Glas, A.T. Patera, K. Urban, A reduced basis method for the wave equation, *International Journal of Computational Fluid Dynamics*, 34(2):139–146, <https://doi.org/10.1080/10618562.2019.1686486>, 2020.
- [5] S. Schuß, S. Glas, C. Hesch, Non-linear space-time elasticity, *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, 124(9): 1965– 1990, <http://doi.org/10.1002/nme.7194>, (2023).
- [6] C. Hesch, S. Glas, S. Schuß, Space-time multibody dynamics, *Multibody System Dynamics*, 1–20, <https://doi.org/10.1007/s11044-023-09945-1>, (2023).
- [7] S. Glas, M. Padidar, A. Kellison, D. Bindel, Global Stochastic Optimization of Stellarator Coil Configurations, *Journal of Plasma Physics*, 88(2), 905880208, <https://doi.org/10.1017/S002237782200023X>, (2022).
- [8] P. Buchfink, S. Glas, B. Haasdonk, B. Unger, Model Reduction on Manifold: A differential geometric framework, preprint <https://arxiv.org/abs/2312.01963>, (2023).
- [9] P. Buchfink, S. Glas, B. Haasdonk, B. Unger, Approximation Bounds for Model Reduction on Polynomially Mapped Manifolds, preprint <https://arxiv.org/abs/2312.00724>, (2023).
- [10] P. Buchfink, S. Glas, B. Haasdonk, Optimal Bases for Symplectic Model Reduction of Canonizable Linear Hamiltonian Systems, *IFAC-PapersOnLine* 55 (20), 463–468, <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.09.138>, (2022).
- [11] P. Buchfink, S. Glas, B. Haasdonk, Symplectic Model Reduction of Hamiltonian Systems on Nonlinear Manifolds and Approximation with Weakly Symplectic Autoencoder, *SIAM Journal on Scientific Computing*, 45(2) A289–311, <http://doi.org/10.1137/21M1466657>, (2023).
- [12] H. Sharma, H. Mu, P. Buchfink, R. Geelen, S. Glas, B. Kramer, Symplectic Model Reduction of Hamiltonian Systems using data-driven quadratic manifolds, *Computer Methods in Applied Mechanics Engineering*, Volume 417, <https://doi.org/10.1016/j.cma.2023.116402>, (2023).

Kontakt

Dr. Silke Glas
Assistant Professor
Department of Applied Mathematics
University of Twente
Tel: +31 53 489 9687
s.m.glas@utwente.nl
www.silkeglas.de

Jun. Prof. Dr. Nina Merkert (geb. Gunkelmann) studierte Physik an der Technischen Universität Kaiserslautern und der Universität in Grenoble. Nach ihrem Abschluss 2012 arbeitete sie zwei Jahre lang als wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Multiskalensimulation an der Universität Erlangen-Nürnberg. Ab 2014 promovierte sie an der TU Kaiserslautern und schloss diese 2016 ab. Es folgte ein Jahr als Postdoc am Lehrstuhl für Werkstoffsimulation der Universität Erlangen-Nürnberg, bevor sie 2017 an das Institut für Mechanik und Fluidodynamik der TU Bergakademie Freiberg wechselte. Seit September 2017 ist sie als Juniorprofessorin für Computational Material Sciences/Engineering am Simulationswissenschaftlichen Zentrum Clausthal-Göttingen an der TU Clausthal tätig. Ihre Forschungsschwerpunkte sind Materialsimulationen heterogener Strukturen auf der atomistischen und mesoskopischen Skala. Im Jahr 2020 erhielt sie den Adolf-Martens-Preis von der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM).

Metalle und andere Materialien verhalten sich bei Verarbeitungsprozessen nicht immer gleich. Je nachdem, wie man sie verarbeitet, können sich ihre Eigenschaften verändern. Das lässt sich nutzen, um gezielt Werkstoffe mit ganz spezifischen Merkmalen herzustellen, etwa einer guten Biegsamkeit oder besonders großer Härte. Damit können zum Teil hohe Kosten bei der Herstellung von Legierungen gespart werden. Dazu ist es nötig, die Ausgangsmaterialien möglichst gut zu verstehen. Nina Merkert entwirft dafür die passenden Werkzeuge: Sie entwickelt Computersimulationen, mit denen sich das Verhalten von Werkstoffen auf Molekül- und Atomebene analysieren lässt. Mit ihnen kann man beispielsweise untersuchen, wie sich die Kristall-

struktur von Metallen unter hohen Drücken oder bei bestimmten Temperaturen ändert. Durch Variation dieser und anderer Parameter am Rechner lassen sich gezielt bestimmte Merkmale des Werkstoffs optimieren, etwa seine Verschleiß-eigenschaften. Die Simulation erlaubt es also, schnell und relativ aufwandsarm die Verarbeitungsprozesse an die jeweils gewünschten Eigenschaften anzupassen. Eine besondere Herausforderung stellt dabei die Frage dar, inwieweit Phänomene auf Atomebene das makroskopische Verhalten von Materialien beeinflussen.

Diese Fragestellungen werden in vielen Projekten von Nina Merkert aufgegriffen. Seit 2020 leitet sie beispielsweise die Arbeitsgruppe Modellbildung des SFB 1368 „Sauerstofffreie Produktion“. Ziel des SFBs ist es, eine Produktionstechnik unter Sauerstofffreiheit zu entwickeln und zu etablieren, die viele neue Möglichkeiten eröffnet. Damit können neue, energieeffiziente und ressourcenschonende Prozesse und eine insgesamt effizientere Produktion realisiert werden. Im Rahmen ihres Teilprojekts wird mit Hilfe von Molekulardynamiksimulationen (MD) der Einfluss von Oxidschichten auf die physikalischen Eigenschaften der Bindung der Fügepartner in der Kontaktzone für verschiedene Fügeprozesse grundlegend untersucht. Selbst geringe Verunreinigungen der Oberflächen durch Oxidschichten beeinflussen die Adhäsionskräfte und können schlimmstenfalls eine Verbindung

STECKBRIEF

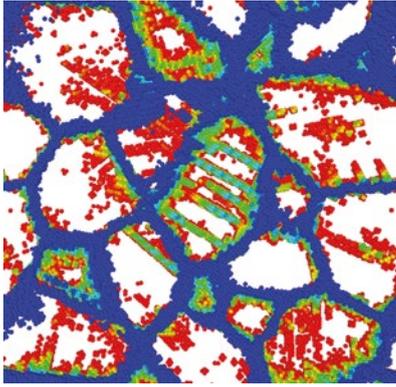


der Oberflächen verhindern. Die Verwendung der Molekulardynamikmethode zur Simulation des Sauerstoffeinflusses bietet sich an, da die Sauerstoffkonzentration im Modell durch Einstellung des Sauerstoffpartialdrucks beliebig variiert werden kann [1,2]. Damit können die grundlegenden Abhängigkeiten der Fügequalität vom lokalen Desoxidationszustand simulativ bestimmt werden, was im Experiment nicht möglich ist. Dieses Projekt ist auch eingebunden in das Konsortium NFDI-MatWerk (Nationale Forschungsdateninfrastruktur für Material Science/Engineering, nfdi-matwerk.de). Die Arbeitsgruppe Modellbildung des SFB 1368 „Sauerstofffreie Produktion“, wurde dabei als eines der Projekte ausgewählt, dessen Forschungsdaten als Testdatenset

verwendet werden sollen, um so die im Rahmen der NFDI-MatWerk erarbeiteten Methoden und Dienste zu evaluieren und um erste vollständig digitale Arbeitsabläufe zur Erfassung und Speicherung von Forschungsdaten zu erproben.

Ein wesentlicher Schwerpunkt ihrer Forschungstätigkeit ist zudem die Beschreibung des Verhaltens von heterogenen Materialien – von polykristallinen bis porösen Materialien – unter Stoßkompression mit Hilfe von Molekulardynamiksimulationen und Diskrete-Elemente-Methoden. Die Resultate können verwendet werden, um Materialien mit verbesserten Eigenschaften bei Hochgeschwindigkeitsstößen zu konzipieren. Der Einfluss der Phasenumwandlung von kubisch raumzentriert (bcc) nach hexagonal dichtest gepackt (hcp) und vice-versa bei Hochdruckkompression von polykristallinem Eisen und die damit verbundenen Änderungen der Eigenschaften wurden in [3-5] umfassend untersucht. Hier wurde ein Potential entwickelt, das speziell an den Phasenübergang angepasst wurde [5]. Zurzeit arbeitet Nina Merkert daran, diese Ergebnisse auf kohlenstoffbasierte Legierungen und High-Entropy-Alloys [6] zu erweitern. Im Jahr 2020 wurde ihr für ihre Forschung zu Stoßwellen in heterogenen Materialien der Adolf-Martens-Preis von der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) verliehen.

Die Analyse großer Datenmengen ist in Nina Merkerts Forschung stets von besonderer Wichtigkeit. So hat ihre Arbeits-



Momentaufnahmen der Mikrostruktur von Eisen unter hohen Drücken. Gezeigt sind Atome, die zu Korngrenzen und Defekten gehören. Die Farbe kodiert den Abstand vom Betrachter.

gruppe MD-Simulationen der Hochdruckkompression einer Eisenprobe mit einer Kantenlänge von ca. einem Mikrometer durchgeführt, die mehr als 250 Millionen Atome umfasste, was eine effiziente Parallelisierung auf Hochleistungsrechnern erforderte [3]. Da Phänomene auf unterschiedlichen Längen- und Zeitskalen wechselwirken, bilden Ansätze für den Übergang von atomistischen Daten zu mesoskopigen und kontinuierlichen Modellen einen Schwerpunkt. Dies war ein wesentlicher Bestandteil ihrer Postdoc-Tätigkeit an der TU Bergakademie Freiberg und der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, wobei sie mit Koautoren der TU Kaiserslautern die Bildung von Defekten im Material aus atomistischen Simulationen mit einer neuen Methode charakterisieren und auf die Kontinuumskala übertragen konnte [7,8]. Die Abbildung zeigt ein typisches Beispiel, wie mit Hilfe von Molekulardynamiksimulationen die Bildung und Entwicklung von Defekten und Versetzungen durch dynamische Prozesse charakterisiert und visualisiert werden können.

In einem DFG-Einzelprojekt werden zudem die Einflüsse der Oxidation auf die mechanischen Eigenschaften von dünnen Schichten unter Berücksichtigung der grundlegenden Abhängigkeiten von Sauerstoffkonzentration und Temperatur mit Hilfe von MD-Simulationen studiert und auf die mesoskopische Skala übertragen. Dabei liegt der Fokus auf der Versetzungsnukleation unter Berücksichtigung von Oxidschichten für Nanodrähte.

Die wissenschaftliche Expertise von Nina Merkert umfasst ein breites Themenspektrum, das viele unterschiedliche Anwendungsbereiche und verschiedene Werkstoffklassen berücksichtigt. In Zusammenarbeit mit dem Institut für Anorganische und Analytische Chemie der TU Clausthal wurde beispielsweise das im Rahmen des SPP 2315 beantragte Projekt „Entstehung kritischer Verbindungen in Recycling-Schlacken – eine Studie der Chemie der Schmelze mit Molekulardynamiksimulationen und der festen Produkte in einem mikropräparativen Ansatz“ bewilligt. Hier wird das Verhalten der beim Recycling von z.B. Elektronikprodukten und Batterien entstehenden Schlacken untersucht. Dabei kommen zum einen Molekulardynamiksimulationen und zum anderen mikropräparative Ansätze zum Einsatz.

Außerdem besteht ein aktuelles DFG-Projekt mit dem Titel „Deaktivierungspotenzial von kaltem atmosphärischem Plasma für Viren und Bakterien in aus der Atemluft stammenden Aerosol-

tröpfchen“. Hierbei werden MD-Simulationen durchgeführt, um die Wechselwirkungsmechanismen von reaktiven Plasmaspezies mit Flüssigkeitsfilmen, welche u.a. Corona-Viren umgeben, zu untersuchen.

Im Bereich der Verbundwerkstoffe ist zudem ein DFG-Projekt zusammen mit dem Institut für Metallurgie der TU Clausthal bewilligt, bei dem das Ziel die Weiterentwicklung eines Simulationswerkzeugs zur Vorhersage des Konzentrationsprofils von Al-Cu-Zn Verbundgüssen ist. Die Möglichkeit, Materialien mit unterschiedlichen mechanischen, chemischen und physikalischen Eigenschaften in einem Bauteil zu kombinieren, führt zur Entwicklung von Hybridbauteilen mit verbesserten Eigenschaften. Dabei ist das Verbundgussverfahren eine effiziente Methode, um diese herzustellen. Die Entwicklung der intermetallischen Phasen ist hier der wesentliche Einflussfaktor für die Leistung des endgültigen Bauteils. Deshalb sind das Verständnis und die Kontrolle der Bildung und des Wachstums dieser intermetallischen Phasen die Schlüsselfaktoren für die Optimierung der Verbundfestigkeit neu entwickelter Hybridbauteile. Im Projekt wird ein Mehrskalmodell zur Simulation des Mechanismus der Grenzflächenbildung und zur Vorhersage des Wachstums intermetallischer Schichten zwischen Aluminium und Messing entwickelt. Dies bietet die Möglichkeit, eine optimierte Einstellung der Prozessparameter für eine feste Verbindung in Verbundguss- oder Schweißprozessen zu bestimmen.

Literatur

- [1] N. Gunkelmann, E. M. Bringa and Y. Rosandi. Molecular Dynamics Simulations of Aluminium Foams under Tension: Influence of Oxidation. *J. Phys. Chem. C*, 122:26243, 2018
- [2] S. Homann, H.-T. Luu and N. Merkert. Molecular dynamics simulations of the machining of oxidized and deoxidized titanium work pieces. *Results Surf. Interfaces* 9:100085, 2022
- [3] H.-T. Luu, R. J. Ravelo, M. Rudolph, E. M. Bringa, T. C. Germann, D. Rafaja and N. Gunkelmann. Shock-induced plasticity in nanocrystalline iron: Large-scale molecular dynamics simulations. *Phys. Rev. B* 102:020102(R), 2020
- [4] N. Gunkelmann, E. M. Bringa, D. R. Tramontina, C. J. Ruestes, M. J. Suggit, A. Higginbotham, J. S. Wark and H. M. Urbassek. Shock waves in polycrystalline iron: Plasticity and phase transitions. *Phys. Rev. B*. 89:140102, 2014
- [5] N. Gunkelmann, E. M. Bringa, K. Kang, G. J. Ackland and H. M. Urbassek. Polycrystalline iron under compression: Plasticity and phase transitions. *Phys. Rev. B* 86:144111, 2012
- [6] D. Thürmer, S. Zhao, O. R. Deluigi, C. Stan, I. A. Alhafez, H. M. Urbassek, M. A. Meyers, E. M. Bringa and N. Gunkelmann. Exceptionally high spallation strength for a high-entropy alloy demonstrated by experiments and simulations. *J. Alloys Compd.* 895:162567, 2022
- [7] A. Demirci, D. Steinberger, M. Stricker, N. Merkert, D. Weygand and S. Sandfeld. Statistical analysis of discrete dislocation dynamics simulations: initial structures, cross-slip and microstructure evolutions. *MSMSE* 31:075003, 2023
- [8] N. Gunkelmann, I. A. Alhafez, D. Steinberger, H. M. Urbassek and S. Sandfeld. Nanoscratching of iron: A novel approach to characterize dislocation microstructures. *Comput. Mater. Sci.*, 135:181, 2017

Kontakt

Jun. Prof. Dr. Nina Merkert (geb. Gunkelmann)
 Institut für Technische Mechanik TU Clausthal
 Arnold-Sommerfeld-Straße 6
 38678 Clausthal-Zellerfeld
 nina.merkert@tu-clausthal.de

GAMM MEMBERS:

Join 14,000 of your peers in applied mathematics and computational science when you join SIAM!

As a SIAM Member, you'll get:

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

You'll Experience:

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

You'll Help SIAM to:

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

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

— Sven Leyffer, SIAM President,
Argonne National Laboratory



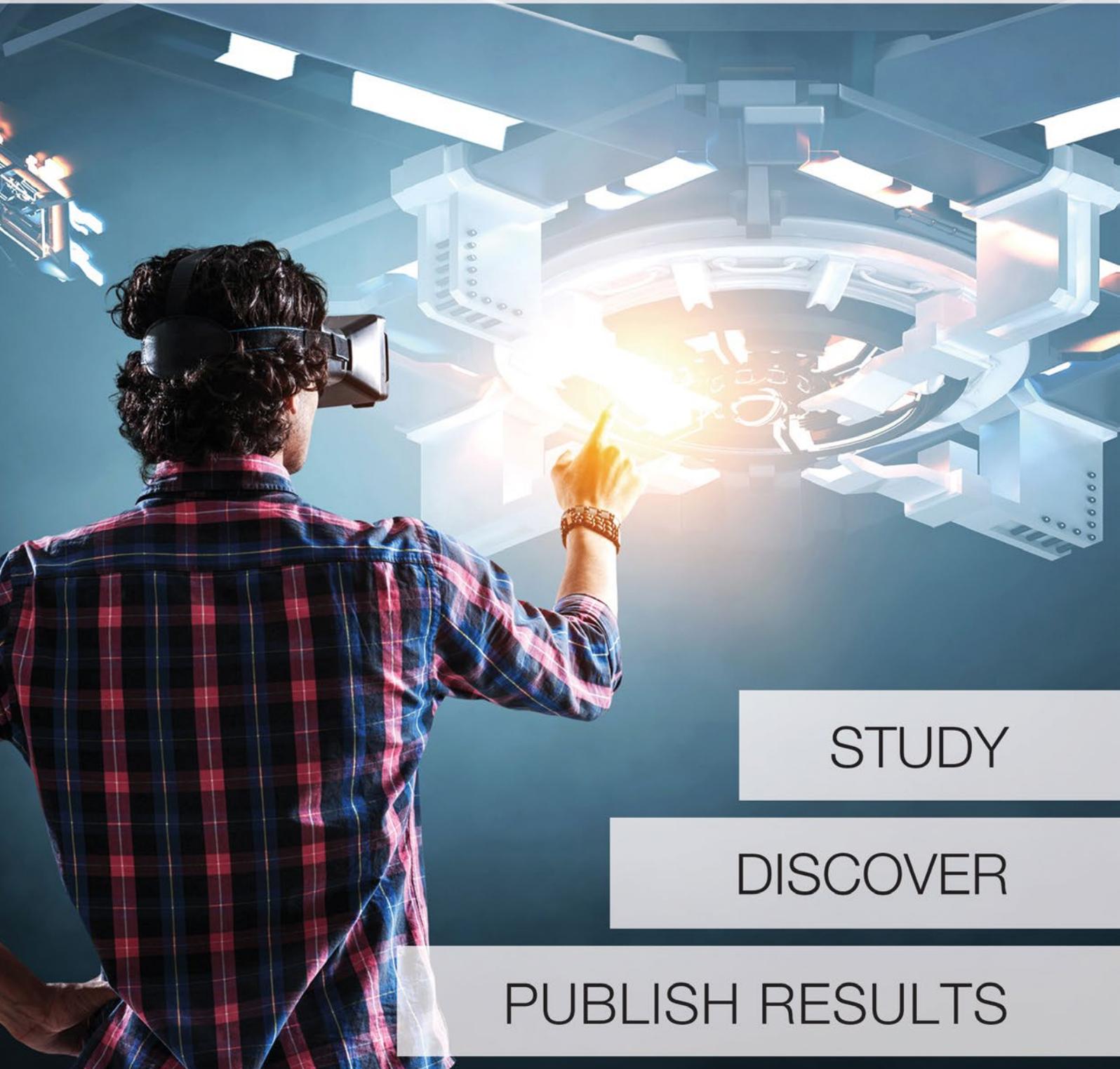
Join SIAM today at siam.org/joinsiam

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



GAMM Archive for Students

An Open-Access Online Journal run by the GAMM Juniors



STUDY

DISCOVER

PUBLISH RESULTS

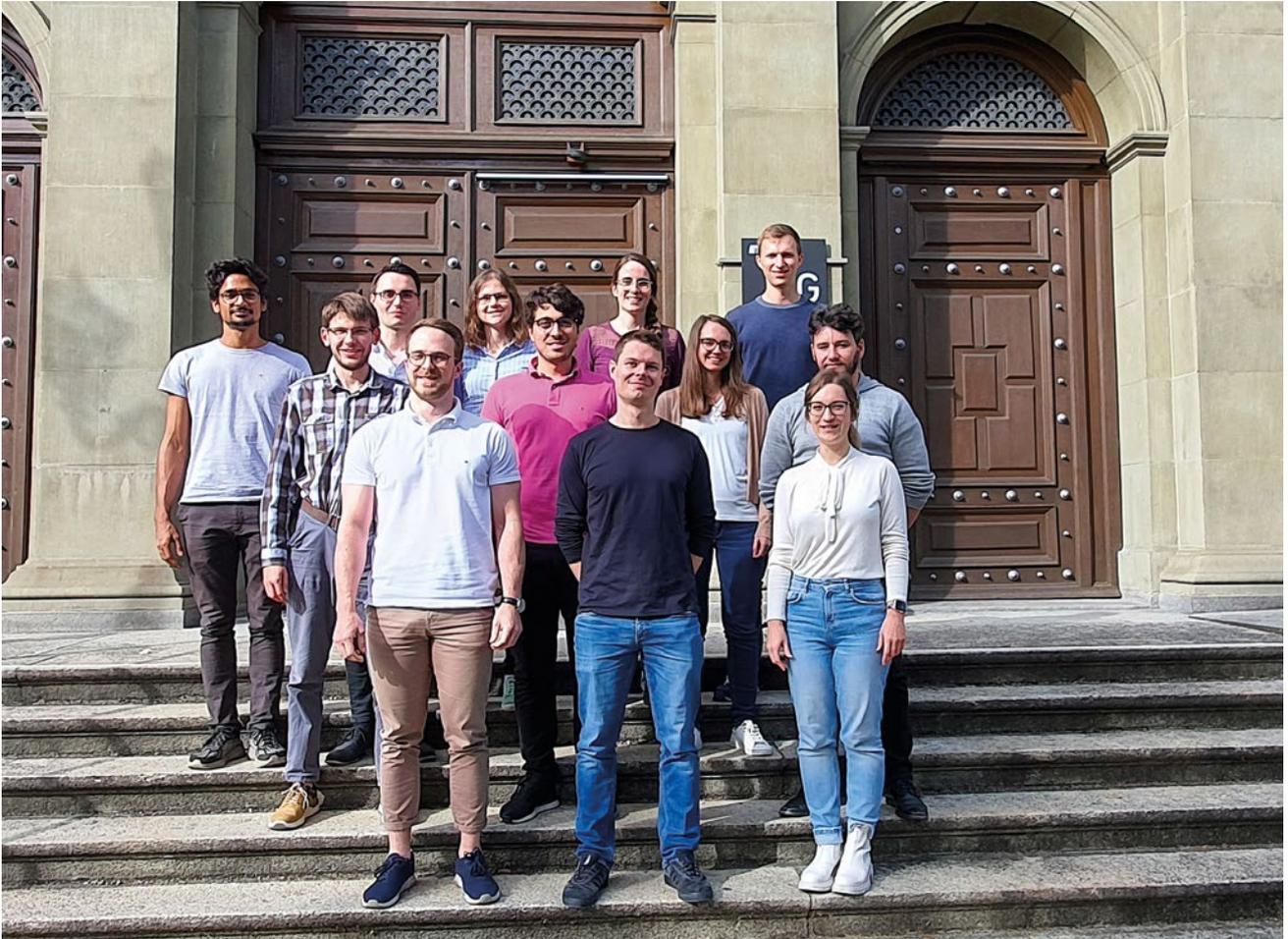


Submission of student research results at
www.gamm-ev.de ▶ Publications ▶ GAMMAS



GAMM JUNIORS FALL MEETING

BY NINA REITER



This year, the annual Fall Meeting of the GAMM Juniors was held at ETH Zürich from October 9 to 11. The meeting was organized by Jan-Hendrik Bastek (2nd deputy speaker of the Juniors) and hosted by Alexander Henkes. During the first two days, we discussed ongoing and future projects related to the GAMM Annual Meeting (PreGAMM, YAMM Lunch, GAMM Juniors poster session), scientific projects for junior researchers (SAMM 2024, GAMMAS), organizational work (new website design, new communication platform), career advice (GAMM Juniors Mentoring Program), and science communication. Margarita Chasapi,

Sahir Butt, and Nina Reiter gave scientific talks, providing insights into their current research topics.

On the second meeting day, Prof. Claudia Schillings and Prof. Karsten Urban joined us for two online discussions about the future of the GAMM Juniors and their integration in the GAMM. We are very happy that this new exchange format was so successful and would like to thank both of them for their time and commitment.

The last day was reserved for a social event. We hiked to the summit of the Uetliberg, from where we had a great view of the city and the Zürisee.

94TH ANNUAL MEETING

of the International Association of Applied Mathematics and Mechanics

March 18th – 22nd, 2024
Magdeburg (Germany)



Local Organizers

Peter Benner
Daniel Juhre
Thomas Richter
Elmar Woschke

Plenary Speakers

Eric Cancès
École des Ponts Paris, France

Maria Colombo
EPF Lausanne, Switzerland

Sven Leyffer
Argonne National Labs, USA

Karen E. Willcox
UT Austin, Oden Institute, USA

Michael Beitel Schmidt
TUD Dresden University of Technology

Stefanie Elgeti
TU Vienna, Austria

François Hild
ENS Paris-Saclay, France

Kerstin Weinberg
University Siegen, Germany

Bildnachweise: Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

AUSSCHREIBUNG DES RICHARD-VON-MISES-PREISES DER GAMM 2025

CALL FOR NOMINATIONS FOR THE RICHARD VON MISES PRIZE OF THE INTERNATIONAL ASSOCIATION OF APPLIED MATHEMATICS AND MECHANICS (GAMM) 2025

Seit dem Jahr 1989 verleiht die GAMM jährlich den Richard-von-Mises-Preis für hervorragende wissenschaftliche Leistungen auf dem Gebiet der Angewandten Mathematik und Mechanik. Traditionsgemäß erfolgt die Verleihung dieses Preises im Rahmen der Eröffnungsveranstaltung der Jahrestagung der GAMM.

Der Preisträger oder die Preisträgerin wird dazu seine/ihre Forschungsergebnisse in einem Hauptvortrag präsentieren. Der Preis dient der Förderung jüngerer Wissenschaftler/-innen, deren Forschungsarbeiten wesentliche Fortschritte im Bereich der Angewandten Mathematik und Mechanik darstellen. Der Preis beinhaltet eine Urkunde, eine kostenlose 2jährige Mitgliedschaft sowie ein Preisgeld in Höhe von 2000 Euro. Um die Breite des Bereichs der Angewandten Mathematik und Mechanik gerecht zu werden, kann das Preiskomitee eine Aufspaltung des Preises (und damit des Preisgeldes) zu gleichen Teilen auf zwei Personen beschließen. Der oder die Preisträger/-in soll zum Zeitpunkt der Nominierung weder eine Lebenszeitprofessur bekleiden noch einen Ruf auf eine solche vorliegen haben und nicht älter als 36 Jahre sein. Abweichungen von dem genannten Zeitrahmen infolge von Ausfallzeiten z.B. aus familiären Gründen oder aufgrund einer Behinderung oder Krankheit werden angerechnet. Die GAMM strebt an, dass unter den Richard-von-Mises-PreisträgerInnen die beiden Fachrichtungen Angewandte Mathematik und Mechanik gleichmäßig vertreten sind. Zudem wird eine angemessene Geschlechterverteilung angestrebt. Vorschlagsberechtigt sind Hochschullehrer/-innen und Personen in entsprechenden Stellungen in der Forschung. Auch die Möglichkeit der eigenen Bewerbung ist gegeben. Vorschläge bzw. Bewerbungen sollten ein Begründungsschreiben und folgende Unterlagen des Kandidaten/ der Kandidatin enthalten:

- Lebenslauf,
- Publikationsliste,
- Kopien der wichtigsten wissenschaftlichen Arbeiten (max. 4).

Die Nominierungen sind an die Geschäftsstelle der GAMM in Dresden, vorzugsweise in elektronischer Form, zu schicken.

Der Einreichungstermin ist der **30. September 2024**.

Der Präsident der GAMM führt den Vorsitz des Richard-von-Mises-Preiskomitees, das folgende Mitglieder hat:

S. Reese, Aachen	(2023 – 2025)
C. Tretter, Bern	(2023 – 2025)
A. Klawonn, Köln	(2023 – 2025)
M. Oberlack, Darmstadt	(2022 – 2024)

Präsident der GAMM Karsten Urban, Ulm (Vorsitz)	(2023 – 2025).
---	----------------

Since 1989, the Richard-von-Mises Prize is awarded every year by GAMM to a scientist for exceptional scientific achievements in the field of Applied Mathematics and Mechanics.

Traditionally, GAMM will present the prize during the opening ceremony of the GAMM Annual Meeting and the prize winner will present her/his research in a plenary talk.

The aim of the prize is to reward and encourage young scientists whose research represents a major advancement in the field of Applied Mathematics and Mechanics.

The winner should not be older than 36 years, neither hold a lifetime professorship nor have a call on such a position the time of nomination. Deviations from this time frame as a consequence of inactive periods due to sickness or maternity leaves will be taken into account. The GAMM aims at a well-balanced representation of the two fields Applied Mathematics and Mechanics among the Richard-von-Mises award winners as well as at a well-balanced gender distribution.

Nominations can be made by university professors or academic persons in similar positions. Self nomination is accepted.

Nominations should contain a justification letter by the nominating persons and the following material concerning the nominee:

- curriculum vitae,
- list of publications,
- copies of the most important articles (at most 4).

Nominations should be sent to Geschäftsstelle der GAMM in Dresden, preferably in electronic form.

The deadline for nomination is **September 30th, 2024**.

The Richard-von-Mises Prize committee has the following members:

Geschäftsstelle der GAMM
Prof. Dr.-Ing. habil. Michael Kaliske
Institut für Statik und Dynamik der Tragwerke
Fakultät Bauingenieurwesen
01062 Dresden

Telefon: +49(0) 351-463-33448
Telefax: +49(0) 351-463-37086
E-Mail: GAMM@mailbox.tu-dresden.de

JAHRESBERICHT 2023 DES
GAMM-FACHAUSSCHUSSES

ANGEWANDTE
OPERATORTHEORIE



Martin Grothaus



Amru Hussein



Christian Seifert



Christiane Tretter

Viele mathematische Modelle der Natur- und Ingenieurwissenschaften lassen sich operatortheoretisch beschreiben. Dies ermöglicht einen Zugang zur strukturellen Analyse der zugrunde liegenden Problemstellungen. Der Fachausschuss Angewandte Operatortheorie fördert die Kommunikation und Zusammenarbeit von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern, deren Arbeitsgebiet in der Theorie und Anwendung von operatortheoretischen Methoden liegt. Hauptanliegen sind sowohl die Weiterentwicklung der Techniken, als auch deren effiziente Umsetzung in konkreten Anwendungen, zum Beispiel bei zeitabhängigen partiellen Differentialgleichungen, in der mathematischen Systemtheorie, sowie bei Approximationsverfahren und dem Langzeitverhalten von Lösungen zu partiellen und stochastischen Differentialgleichungen.

Aktivitäten des Fachausschusses 2023:

- 26th Internet Seminar on Evolution Equations: „Graphs and discrete Dirichlet Spaces“, Oktober 2022-Juli 2023
Organisation: Matthias Keller (Universität Potsdam), Daniel Lenz (Friedrich-Schiller-Universität Jena), Marcel Schmidt (Universität Leipzig), Christian Seifert (Technische Universität Hamburg)
Webseite: <https://www.mat.tuhh.de/isem26>
- Sektion S23 „Angewandte Operatortheorie“, Jahrestagung der GAMM 2023 in Dresden, 30. Mai - 2. Juni 2023
Organisation: Ralph Chill (TU Dresden) und Marcus Waurick (TU Bergakademie Freiberg)
Webseite: <https://jahrestagung.gamm-ev.de/annual-meeting-2023/program/sections/>
- Special Session „Nonselfadjoint Operators“, International Workshop for Operator Theory and its Applications, IWOTA 2023, Helsinki, July 31 - August 4, 2023
Organisation: Marco Marletta (Cardiff University, UK), Christiane Tretter (University of Bern, CH)
Webseite: <https://www.helsinki.fi/en/conferences/iwota2023/program>

Geplante Aktivitäten des Fachausschusses 2024:

- Sektion S23 „Angewandte Operatortheorie“, Jahrestagung der GAMM 2024 in Magdeburg, 18. März - 22. März 2024
Organisation: Martin Grothaus (RPTU Kaiserslautern-Landau), Amru Hussein (RPTU Kaiserslautern-Landau)
Webseite: <https://jahrestagung.gamm.org/annual-meeting-2024/program/sections/>
- Workshop of the GAMM Activity Group Applied Operator Theory, TU Hamburg, 22.-24. Mai 2024
Organisation: Katharina Klioba (TU Hamburg), Christian Seifert (TU Hamburg)
Webseite: <https://www.mat.tuhh.de/veranstaltungen/gammot2024/>
- Special Session „Spectral Problems and Computation“ at the International Workshop for Operator Theory and its Applications, IWOTA 2024, University of Kent (UK), August 12-16, 2024
Organisation: Marco Marletta (Cardiff University, UK), Christiane Tretter (University of Bern, CH) and possibly others
Webseite: <https://blogs.kent.ac.uk/iwota2024/program/>

JAHRESBERICHT 2023 DES GAMM-FACHAUSSCHUSSES

ANALYSIS PARTIELLER
DIFFERENTIALGLEICHUNGEN

Helmut Abels



Dorothee Knees



Carolin Kreisbeck

Der Fachausschuss „Analysis partieller Differentialgleichungen“ fördert den wissenschaftlichen Austausch von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern, die in unterschiedlichen Bereichen der Analysis partieller Differentialgleichungen arbeiten, verstärkt und koordiniert diesen. Insbesondere soll die Interaktion zwischen unterschiedlichen Forschungsgemeinschaften und Anwendungsgebieten intensiviert werden und damit ein wichtiger Wissenstransfer geschaffen werden. Der Vorstand besteht aus: Dorothee Knees (Vorsitzende), Helmut Abels (stellvertretender Vorsitzender), Carolin Kreisbeck (stellvertretende Vorsitzende), Karoline Disser, Julian Fischer, Martin Kružík, Matthias Röger, Marita Thomas und Mathias Wilke.

Der Fachausschuss hat die erfreuliche Entwicklung bezüglich der Mitgliederzahlen weiter fortgesetzt, und zählt aktuell 106 Mitglieder, darunter zahlreiche Postdocs und NachwuchswissenschaftlerInnen. Anträge auf Aufnahme in den Fachausschuss können jeder Zeit an die Vorsitzende (Dorothee Knees, e-mail: gammnapde@mathematik.uni-kassel.de) gestellt werden. Genauere Informationen findet man auf der WWW-Seite des Fachausschusses (<http://www.uni-regensburg.de/mathematics/partial-differential-equations/index.html>).

Im vergangenen akademischen Jahr waren unsere Mitglieder bei der Organisation diverser Konferenzen, Workshops und Schulen aktiv: Vom 18.-20. September 2023 fand das durch Carolin Kreisbeck, Dominik Engl und Hidde Schönberger organisierte elfte Jahrestreffen des Fachausschusses an der KU Eichstätt-Ingolstadt in Eichstätt statt. Es waren ca. 49 Teilnehmende vor Ort. Das Programm umfasste 9 eingeladene und 17 weitere wissenschaftliche Vorträge, die ein breites Themenspektrum abdeckten, darunter zum Beispiel Gleichungen mit nichtlokalen Operatoren und deren Konvergenz gegen lokale bzw. Differentialoperatoren, Phasenfeldmodelle für Festkörper und Fluide und deren Verhalten zu klassischen Modellen mit scharfen Grenzschichten, und Regularitätstheorie in der Variationsrechnung und bei parabolischen Gleichungen. Auf der GAMM-Jahrestagung 2023 in Dresden hielt Ankana Rüland einen Plenarvortrag und die Sektion „Applied Analysis“ wurde von Marita Thomas, Stefan Neukamm und Markus Schmidtchen organisiert. Zwischen Januar und April 2023 fanden verschiedene Workshops und Schulen im Rahmen des Trimesterprogramms der Uni Bonn zum Thema „Mathematics of Complex Materials“ veranstaltet (Organisation: X. Lamy, L. Nguyen, A. Rüland, A. Zarnescu). In

Bielefeld gab es vom 6.-10. März 2023 eine Konferenz zum Thema „Nonlocal Equations: Analysis and Numerics“. Vom 24.-28. April fand die durch T. Bartel, G. Dolzmann und M. Thomas organisierte Schule zu „Foundations of Complex Phenomena“ statt. Klaus Hackl und Dorothee Knees organisierten am 17.-21. Juli 2023 den CISM-Kurs „Variational Methods for Complex Materials and Processes“. Der Workshop über „Energetic Methods for Multi-Component Reactive Mixtures Modelling, Stability, and Asymptotic Analysis“ wurde von Katharina Hopf, Ansgar Jüngel und Michael Kniely am WIAS Berlin in der Zeit vom 13. bis 15. September organisiert. Ein von Dorothee Knees, Riccarda Rossi, Giuseppe Savare und Marita Thomas organisierter Workshop zu „Variational and Geometric Structures for Evolution“ fand 9.-13. Oktober in Levico Terme, Italien, statt.

Auch für das nächste Jahr sind bereits etliche Aktivitäten mit Beteiligung von Mitgliedern des Fachausschusses geplant. Im Folgenden werden nur Veranstaltungen genannt, bei denen schon ein Termin feststeht:

- Das zwölfte Jahrestreffen des Fachausschusses wird vom 16.-18. September 2024 von Martin Kružík in Prag organisiert. Bei der GAMM-Jahrestagung 2024 wird unser Mitglied Patrik Knopf und Xian Liao die Leitung der Sektion „Applied Analysis“ übernehmen.
- Vom 19.-23. Mai 2024 findet die SIAM Conference on Mathematical Aspects of Materials Science (MS24) in Pittsburgh statt. In Joao Pessoa City, Brasilien wird vom 26.-30. August 2025 die Konferenz über „Free Boundary Value Problems: Theory and Applications“ stattfinden. Die Konferenz „EquaDiff 2024“ ist für den 10.-15. Juni 2024 in Karlstadt geplant.

JAHRESBERICHT 2023 DES GAMM-FACHAUSSCHUSSES

DYNAMIK UND REGELUNGSTHEORIE



Timm Faulwasser



Robert Seifried



Karl Worthmann

Dynamik und Regelungstheorie ist ein interdisziplinäres Gebiet, welches dank stetig steigender Automatisierung und dem zunehmenden Einsatz autonomer Systeme in vielen Bereichen an Bedeutung gewinnt. Der Fachausschuss ist interdisziplinär ausgerichtet: Regelungstheorie, mathematische Systemtheorie, Mehrkörper- und nichtlineare Dynamik sowie Maschinelles Lernen dynamischer Systeme. Zudem zeichnet sich der Fachausschuss durch eine enorme Breite bzgl. seiner Anwendungsfelder aus, u.a. Mechatronik, Energietechnik, Robotik, autonomes Fahren. Alle Mitglieder vereint das Interesse am tiefen Verständnis dynamischer Systeme und dem Entwurf von Steuerungen und Regelungen. Neben klassischen Fragestellungen spielen vermehrt Fragen der Analyse, Synthese und Beeinflussung dynamischer Systeme über Kommunikationsnetzwerke, die Betrachtung großer Systeme bestehend aus einer Vielzahl an Einzelsystemen sowie die Verschmelzung klassischer Verfahren mit Techniken des Maschinellen Lernens und der Künstlichen Intelligenz eine Rolle.

In 2023 wurden zwei Workshops in Präsenz abgehalten. Im März 2023 traf sich der Fachausschuss zu einem zweitägigen Workshop in Darmstadt (Organisator: Rolf Finden). Im September fand dann ein weiterer zweitägiger Workshop an der TU Dortmund (Organisator: Timm Faulwasser) statt. Hierbei wurden wieder viele interessante Vorträge aus den Bereichen Mathematische Systemtheorie, Regelungstechnik und Dynamik gehalten, wobei datenbasierte Lernverfahren weiter an Bedeutung gewinnen.

Das breite Spektrum unterstreicht die etablierte Kultur des interdisziplinären Diskurses im Fachausschuss.

Mitglieder des GAMM Fachausschuss waren 2023 wieder wesentlich an der Organisation diverser Konferenzen und Workshops beteiligt. Ebenso waren viele Mitglieder bei der GAMM Jahrestagung vertreten, besonders in den Sektionen S1: Multi-body Dynamics, S5: Nonlinear Oscillations und S20: Dynamics and Control, welche von Fachausschussmitgliedern organisiert und geleitet wurden. Zudem wurden durch Mitglieder des Fachausschusses zwei Minisymposia auf der Jahrestagung in Dresden organisiert. So haben Birgit Jacob und Paul Kotyczka ein Minisymposium zu Port-Hamilton'schen Systemen organisiert, während Timm Faulwasser, Jan Heiland und Karl Worthmann ein Minisymposium zu daten-getriebenen Verfahren in der Systemtheorie und Regelung geleitet haben.

Für 2024 sind momentan zwei Präsenzworkshops geplant.

- Der nächste Workshop findet am 5. und 6. Februar an der TU Berlin statt (Organisatoren: Merten Stender, Jan Heiland).
- Ein weiterer Workshop ist im Herbst zusammen mit den GMA Fachausschüssen 1.30 und 1.40 in Anif vorgesehen (22.09.-27.09.24). Zudem wird von Mitgliedern des Fachausschusses der Elgersburg Workshop 2024 vom 25.-29. Februar 2024 organisiert (siehe <https://www.tu-ilmenau.de/systpde/elgersburg-workshop>).

JAHRESBERICHT 2023 DES GAMM-FACHAUSSCHUSSES

MODELLIERUNG, ANALYSIS UND SIMULATION MOLEKULARER SYSTEME



Benjamin Stamm



Gero Friesecke



Reinhold Schneider

Nun schon im zweiten Jahr der Sektion 26, konnten wir beim Jahrestreffen der GAMM 2023 in Dresden die Sektion mit 31 interessanten und gut besuchten Vorträgen konsolidieren. Erfreulicherweise hatten wir Beiträge aus der Mechanik und der Mathematik, und es haben sich fruchtbare Gespräche zwischen den beiden Disziplinen ergeben.

Das MOANSI Jahrestreffen fand dann im November 2023 in Stuttgart statt. Um die 25 Teilnehmer/innen haben den Weg von Deutschland, Frankreich und der Schweiz nach Stuttgart auf sich genommen. Tatjana Stykel (aus

der angewandten Mathematik) und Johannes Kästner (aus der theoretischen Chemie) haben zu den Themen „Riemannian optimization methods for Kohn-Sham-type energy minimization problems“ respektive „Instanton Theory to Describe Atom Tunneling in Chemical Reactions“ vorgetragen. Wie gewohnt war die Veranstaltung durch die Teilnahme von jungen Forschenden geprägt. Einige unserer Mitglieder/innen haben zudem Ihre Arbeiten im August bei der ICIAM in Tokyo präsentiert. <https://moansi.wixsite.com/gamm>.

JAHRESBERICHT 2023 DES GAMM-FACHAUSSCHUSSES MATHEMATISCHE SIGNAL- UND BILDVERARBEITUNG (MSIP)



Gabriele Steidl



Felix Krahmer



Stefan Kunis

Der Fachausschuss MSIP wurde im April 2012 ins Leben gerufen und hat zur Zeit etwa 200 Mitglieder aus ca. 25 verschiedenen Ländern. Er dient der Förderung des Gebietes der “Mathematischen Signal- und Bildverarbeitung”, zur Unterstützung von Nachwuchswissenschaftlern/innen und zur Verbesserung von interdisziplinärer Forschung. Turnusgemäß lief er in diesem Jahr aus, wurde aber neu eingerichtet.

Nähere Informationen, Workshop-Ankündigungen und Job-Angebote sind zu finden auf unserer Webseite, unserem Mastodon Feed und per email-Verteiler

<https://www.math.uos.de/msip>
<https://mastodon.world/@msip>
math-gamm.msip.news@lists.lrz.de

Bei Interesse laden wir jeden herzlich dazu Mitglied des Fachausschusses zu werden.

Nach mehrjähriger Corona-Pause konnte sich der Fachausschuss im März 2023 wieder zur Tagung Workshop on Mathematical Signal and Image Analysis (MSIA2023) im TUM Science and Study Center Raitenhaslach treffen. Organisation: B. Forster-Heinlein (Passau), F. Krahmer (München), S. Kunis (Osnabrück), G. Steidl (Berlin). <https://www.math-conf.uos.de/msia23/>

Bei der Jahrestagung der GAMM in Dresden haben wir die Sektion “Mathematical Signal and Image Processing” veranstaltet, Organisation: C. Brandt (Hamburg), B. Schmitzer (Göttingen).

Weiterhin waren Mitglieder des Fachausschusses bei der Organisation folgender Veranstaltungen beteiligt:

- Mathematics and Image Analysis (MIA2023), 01.-03.02.2023, Berlin, Organisation: J. Delon (Paris), M. Hintermüller (Berlin), N. Papadakis (Bordeaux), K. Papafitsoros (London), G. Steidl.
- MFO Seminar “Computational and Variational Flows in Machine Learning and Optimal Transport”, 19.-25.11.2023, Organisation: W. Li (Columbia U), B. Schmitzer, G. Steidl, F.X. Vialard (Paris)

Auch für das Jahr 2024 sind eine Reihe von Aktivitäten geplant, unter anderem:

- Sektion “Mathematical Signal and Image Processing”, Jahrestagung der GAMM 2024, 18.03.-22.03.2024, Magdeburg, Organisation: J. Maly (München), A.Wald (Göttingen),
- Workshop: Image Processing and Machine Learning, 01.-04.03.2024, Peking, Organisation: C. Bao (Peking), R. Chan (Hongkong), J.M. Morel (Paris), G. Steidl
- Workshop: Optimal Transport: From Theory to Applications - Interfacing Dynamical Systems, Optimization, and Machine Learning Berlin, 11. - 15.03. 2024 Berlin, O Organisation: P. Dvurechensky (WIAS), M. Liero (WIAS), G. Steidl, J.-J. Zhu (WIAS)
- Workshop: Imaging Inverse Problems and Generative Models, 08.-10.04.2024 Edinburgh Organisation: J. Delon, C. Schönlieb (Cambridge), G. Steidl, A. Repetti (Edinburgh)
- Workshop: 6th International Workshop on the Theory of Computational Sensing and its applications to Radar, Multimodal Sensing, and Imaging (CoSeRa 2024), 18.-20.09.2024, Organisation: P.L. Martinez (Santiago), J. Ender (Siegen), M.H.Conde (Siegen), F. Krahmer (München), L. Anitori (Pisa), A. Bhandari (London), A. Zoubir (Darmstadt)

Ferner wird es zwei Themenhefte unseres Ausschusses in den GAMM Mitteilungen 2024 geben, die über neuste Ergebnisse im Bereich der mathematischen Signal- und Bildverarbeitung berichten.

JAHRESBERICHT 2023 DES GAMM-FACHAUSSCHUSSES

ANALYSIS VON MIKROSTRUKTUREN



Kerstin Weinberg



Ben Schweizer

Der Fachausschuss „Analysis von Mikrostrukturen“ fördert die mathematische Modellierung mikromechanischer Phänomene sowie deren Analyse und numerische Simulation. Die Wechselwirkung von Mechanismen auf unterschiedlichen Skalen erfordert eine Zusammenarbeit von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern in den angrenzenden Disziplinen der Ingenieur- und Naturwissenschaften sowie der Mathematik, da einerseits viele Fragen der Modellierung nicht geklärt sind und andererseits moderne mathematische Methoden wie Homogenisierung, Relaxierung und nichtlokale Modellierung Potential für weitere Anwendungen haben.

Der Forschungsschwerpunkt des Fachausschusses liegt weniger auf der Entwicklung numerischer Methoden zur Behandlung von Skalenübergängen als auf der Herleitung und Analyse von Modellen, welche Mikrostruktureigenschaften auf der Makroskala repräsentieren. Dazu gehört natürlich auch die Generierung angepasster numerischer Verfahren für die Berechnung dieser Modelle.

Auch wenn die Weiterentwicklung von Mikrostrukturmodellen und ihre effiziente numerische Umsetzung im Zentrum der Arbeit des Fachausschusses steht, suchen wir auch den Vergleich unserer Ergebnisse mit experimentellen Befunden. In diesem Sinne wird sowohl durch koordinierte Forschungsplanung als auch durch Seminare und Tagungen die Thematik „Mikrostrukturen“ vorangetrieben.

Das Forschungsfeld des Fachausschusses kann seit dem Jahr 2020 auch im Verbund mit weiteren Wissenschaftlern in einem Schwerpunktprogramm der DFG bearbeitet werden. Der SPP 2256 „Variationelle Methoden zur Vorhersage komplexer Phänomene in Strukturen und Materialien der Ingenieurwissenschaften“ ist personell verzahnt mit dem Fachausschuss. Im Jahr 2023 fand das Jahrestreffen des Schwerpunktprogramms vom 27. bis zum 29. September in Regensburg statt. Mitglieder des Fachausschusses haben bei der

ICIAM in Tokio zwei Minisymposia organisiert, eines mit dem Thema „Variational methods for singularities and concentration on low dimensional sets“, eines mit dem Thema „Mathematics of thin structures“. Andere Mitglieder haben eine CISM-Schule „Variational Methods for Complex Materials and Processes“ eingerichtet und geleitet, im Bonner Hausdorff Trimesterprogramm „Mathematics for Complex Materials“ waren mehrere Mitglieder des Fachausschusses beteiligt.

Treffen des Fachausschusses:

- Das 22. GAMM-Seminar on Microstructures fand unter großer Beteiligung des Fachausschusses vom 26. Januar 2023 bis zum 28. Januar 2023 in Wien statt. Am ersten Tag wurde ein Young Researchers Meeting abgehalten, danach die Fachtagung mit 25 Fachvorträgen. Hauptvorträge wurden von U. Stefanelli, S. Bartels, L. Stainier, D. Peterseim und B. Zwicknagl gehalten.
- Das 23. GAMM-Seminar on Microstructures fand vom 25. bis zum 26. Januar 2024 in Bochum statt, Organisatoren waren K. Hackl und B. Schweizer, Hauptvortragende waren G. Francfort, Ph. Junker und M. Ruggeri.

JAHRESBERICHT 2023 DES GAMM-FACHAUSSCHUSSES

NUMERISCHE ANALYSIS



Lars Grasedyck



Daniel Peterseim

Der Fachausschuss beschäftigt sich mit der Numerischen Analysis, einer Kerndisziplin der Angewandten Mathematik mit Anwendungen in den Natur- und Ingenieurwissenschaften. Der inhaltliche Schwerpunkt des Fachausschusses liegt auf der Numerik partieller Differentialgleichungen, insbesondere auf Methoden für mehrskalige, hochdimensionale, datengetriebene oder unsicherheitsbehaftete Probleme. Ausgehend von der engen Verbindung zwischen der Entwicklung und Analyse numerischer Algorithmen fördert der Fachausschuss zuverlässige und effiziente Computersimulationen als Schlüsseltechnologie für den wissenschaftlichen und technischen Erkenntnisgewinn.

Zu Beginn des Jahres 2023 haben wir die Online-Seminare der Reihe One World Numerical Analysis Series von Augsburg aus fortgesetzt. Im Herbst fand die Kon-

ferenz Matrix Equations and Tensor Techniques an der RWTH Aachen statt.

Für den wissenschaftlichen Nachwuchs beginnt das Jahr 2024 mit der Winter School on Hierarchical Matrices 2024, die von Wolfgang Hackbusch, Lars Grasedyck, Steffen Börm, Stefan Sauter und Ronald Kriemann vom 5. bis zum 9. Februar in Kiel ausgerichtet wird. Vom 10. bis 14. Juni findet in Bonn unter Leitung von Joscha Gedicke die 10th International Conference on Computational Methods in Applied Mathematics (CMAM-10) statt. Für den Herbst ist zudem ein Jahrestreffen als Workshop mit Trainingskomponente für den Nachwuchs geplant.

Aktuelle Information siehe:

www.igpm.rwth-aachen.de/gamm_numerical_analysis

JAHRESBERICHT 2023 DES GAMM-FACHAUSSCHUSSES

COMPUTATIONAL SCIENCE AND ENGINEERING (CSE)



Silke Glas



Christian Hesch



Matthias Bolten

Der 2012 gegründete Fachausschuss "Computational Science and Engineering" (kurz: "CSE") lief turnusgemäß Ende 2022 aus und wurde Anfang 2023 neu gegründet. CSE ist der Verknüpfung von Mathematik und Informatik mit den Ingenieur- und Naturwissenschaften gewidmet. Die im Fachausschuss versammelten 110 Kolleginnen und Kollegen wollen technische oder natürliche Phänomene – häufig auf Hochleistungsrechnern – simulieren und optimieren. Dazu wird in der Regel eine Vielfalt von Werkzeugen aus den beteiligten Disziplinen benötigt.

Nach den vielen und intensiven Diskussionen über die Zukunft des Fachausschusses in 2022 war es nun an der Zeit, diese in 2023 in die Umsetzung zu führen. Im Februar fand unter reger Beteiligung die konstitutive Sitzung des FA CSE statt, in dem wir sowohl die kurzfristig anstehenden Arbeiten für dieses Jahr wie auch die langfristige Perspektive besprochen haben.

Insbesondere der Bereich Nachwuchs-Gewinnung, Förderung und Betreuung hat einen breiten Raum in der Diskussion eingenommen, gerade in den aktuellen Zeiten mit schwindenden Studentenzahlen in den MINT-Fächern und der gleichzeitig stärker wachsende Bedarf nach Absolventen aus dem Bereich CSE in der Industrie.

Hierzu laufen aktuell auf zwei Ebenen Aktivitäten: Zum einen haben wir zum dritten Mal einen Online-Workshop für Personen in einer frühen Phase ihrer wissenschaftlichen Tätigkeit durchgeführt. Dieser Workshop wird weiterhin sehr gut angenommen und wir konnten an ein volles Programm an den anvisierten zwei Freitagen im November anbieten; am zweiten Tag des Workshops standen dabei Fragen aus Bereich des maschinellen Lernens im Vordergrund.

Parallel dazu laufen die Arbeiten an einer neuen Webseite zusammen mit Kollegen aus einem Fachnahen NHR-Verbund weiter. Das Konzept steht und wir befinden uns in der technischen Umsetzungsphase. Wir hoffen, im Frühjahr eine funktionierende Version in breiterer Runde vorstellen zu können.

Wir bereiteten wie jedes Jahr auch in 2023 wieder die Vorschläge für die Hauptvortragenden auf der GAMM-Jahrestagung 2025 vor; die die Sektionsleitung für „Scientific Computing“ in 2024 in Magdeburg liegt bei der Kollegin Walther und Kollegen Hesch.

JAHRESBERICHT 2023 DES GAMM-FACHAUSSCHUSSES

ANGEWANDTE UND NUMERISCHE LINEARE ALGEBRA (ANLA)



Melina Freitag



Erin Carson

Der Fachausschuss fördert die Kommunikation und Zusammenarbeit im Bereich der Angewandten und Numerischen Linearen Algebra. Er hat derzeit 112 Mitglieder aus 25 Ländern. Neben seiner Webseite (gammanla.wordpress.com) hat der Fachausschuss einen X (ehemals Twitter) Account (@gamm_anla) mit über 600 Followern. Auf Twitter findet man unter anderem Konferenzankündigungen, Fotos und Berichte unserer Aktivitäten.

Jährlich richtet der ANLA Fachausschuss einen Workshop aus. Der 23. jährliche GAMM ANLA Workshop fand vom 5 bis 6. Oktober 2023 in an der Universität Augsburg statt und wurde von André Uschmajew und Tatjana Stykel organisiert.

Es gab Vorträge aus vielen verschiedenen Bereichen der numerischen linearen Algebra, mit drei Plenarvorträgen und 12 weiteren Beiträgen von Doktoranden, Nachwuchsforschern und etablierten Forschern. Der erste Hauptvortragende Karl Meerbergen (KU Leuven, Belgien) stellte Algorithmen und Anwendungen zur rationalen Approximationen und Linearisierung von Matrixfunktionen vor. Plenarrednerin Virginie Erlacher (Ecole des Ponts ParisTech, Frankreich) sprach zu semidefiniter Programmierung für ein quantenoptimales Transportproblem. Ralf Zimmermann (SDU Odense, Dänemark) hielt einen Hauptvortrag zu klassischen und symplektischen Stiefel- und Grassmannmanigfaltigkeiten und ihren Anwendungen in Optimierung und Modellreduktion.

Am Donnerstagabend fand das Business-Meeting des Fachausschusses statt, an dem erneut mehrere Mitglieder, die nicht persönlich teilnehmen konnten, über Zoom teilnahmen.

Wie üblich war die GAMM ANLA bei der Organisation der GAMM Jahrestagung 2023 in Dresden involviert. Insbesondere organisierten Alice Cortinovis (Stanford University) und Nicolas Boullé (Oxford University) ein sehr gut besuchtes Young Researchers Minisymposium zu Randomisierten Algorithmen in Numerischer Linearer Algebra. Desweiteren hatte die von Thomas Mach (Universität Potsdam) und Elisabeth Ullmann (TU München) organisierte Vortragsreihe 15 Vorträge zu ANLA-relevanten Themen. GAMM ANLA Sprecherin Melina Freitag (Universität Potsdam) stellte die GAMM ANLA während der Hauptversammlung vor.

- Die GAMM ANLA unterstützte in 2023 außerdem den METT X - 10th Workshop on Matrix Equations and Tensor Techniques vom 13. -15. September 2023 an der RWTH Aachen und den The $f(A)$ bulous workshop on matrix functions and exponential integrators vom 25.-27. September 2023 am Max Planck Institute for Dynamics of Complex Technical Systems, Magdeburg.

JAHRESBERICHT 2023 DES GAMM-FACHAUSSCHUSSES

OPTIMIERUNG MIT PARTIELLEN DIFFERENTIALGLEICHUNGEN



Anton Schiela



Gerd Wachsmuth

Der Fachausschuss fördert die Kommunikation und Zusammenarbeit aller Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sowie Industrievertretern, die an der Optimierung mit partiellen Differentialgleichungen interessiert sind. Er vertritt außerdem das Fachgebiet innerhalb der GAMM. Das Treffen des FA fand 2023 am 25. September im Rahmen der EUCCO 2023 in Heidelberg statt. Mitglieder des FA haben an zahlreichen Konferenzen und Workshops teilgenommen und ebensolche Veranstaltungen mitorganisiert. Zu nennen sind hier insbesondere

- Minisymposia bei der SIOPT in Seattle
- Minisymposia bei der ICIAM in Tokyo
- Minisymposia bei der SICON in Philadelphia

Eine erweiterte Liste von Veranstaltungen sowie bevorstehende Tagungsaktivitäten für 2024 werden über die Homepage des Fachausschusses <http://www.gamm.optpde.net> bekanntgegeben. Das nächste Jahrestreffen soll im Rahmen eines Workshops des FA am 19.9.2024 in Bayreuth stattfinden.

JAHRESBERICHT 2023 DES GAMM-FACHAUSSCHUSSES COMPUTATIONAL BIOMECHANICS



Tim Ricken



Silvia Budday



Oliver Röhrle



Der Fachausschuss wurde 2018 gegründet und unterstützte den Bereich der rechnergestützte Kontinuumsbiomechanik mit folgenden Aktivitäten:

- GAMM FA Bio 2023, Saarbrücken: Der vierte Workshop des GAMM-Fachausschusses „Computational Biomechanics“ hat vom 13. - 14.02.2023 in Präsenz in Saarbrücken stattgefunden. Herzlichen Dank an Stefan Diebels und sein Team für die hervorragende Organisation.
- SPP 2311: Das 2021 genehmigte Schwerpunktprogramm „Robuste Kopplung kontinuumsbiomechanischer In-silico-Modelle für aktive biologische Systeme als Vorstufe klinischer Applikationen - Co-Design von Modellierung, Numerik und Nutzbarkeit“ (<https://www.spp2311.uni-stuttgart.de/>) hatte sein Statusseminar vom 11. - 13.09.22 in am Forschungscampus STIMULATE in Magdeburg. Sylvia Saalfeld und Philipp Berg haben perfekt die Organisation übernommen. Die Ausschreibung für die zweite Förderphase ist veröffentlicht (<https://www.dfg.de/de/aktuelles/neuigkeiten-themen/info-wissenschaft/2023/info-wissenschaft-23-89>). Anträge können über die DFG bis zum 12.03.2024 gestellt werden.
- ICCB 2023: Das auf der „International Conference on Computational Bioengineering“ vom Vorstand des Ausschusses organisierte Minisymposium MS22: „Continuum biomechanics of active biological systems“

hat vom 20. - 22.09.2023 in Wien stattgefunden und war ein großer Erfolg mit vielen hochwertigen Beiträgen und anregenden Diskussionen. Ein herzliches Dankeschön geht an Christian Hellmich als Chairmen der Tagung für die gelungene und charmante Organisation.

Für 2024 weisen wir auf folgende Veranstaltungen hin:

- GAMM Tagung: Auf der GAMM-Jahrestagung in Magdeburg vom 18.-22.3.2024 wird eine Session PP04 mit Beiträgen aus dem SPP 2311 stattfinden.
- WCCM / PANACM 2024: Abstracts zu dem vom Vorstand des Ausschusses organisierte Minisymposium 0507 “Continuum biomechanics of active systems” werden noch bis zum 29.01.2024 unter <https://www.wccm2024.org/> angenommen.
- VPH2024: Die nächste Jahreskonferenz des „Virtual Physiological Human Institute“ (<https://www.vph-institute.org>) wird von Oliver Röhrle und Tim Ricken vom 04.-06.09.2024 in Stuttgart organisiert. Neben der klassischen Mischung aus Themen der In-silico-Medizin wird ein besonderes Augenmerk auf daten-gesteuerte Simulationstechnologien für die klinische Entscheidungsfindung gelegt.

JAHRESBERICHT 2023 DES GAMM-FACHAUSSCHUSSES

EXPERIMENTELLE FESTKÖRPERMECHANIK



Stefan Hartmann



Stefan Diebels

Das Jahrestreffen des Fachausschusses „Experimentelle Festkörpermechanik“ fand auf Einladung von Herrn Professor Jörn Ihlemann und Herrn Dr. Thomas Lehmann an der TU Chemnitz am 9. Mai 2023 statt. Bei dieser Veranstaltung wurde kein explizites Spezialthema vorgegeben, trotzdem fand eine inhaltlich sehr ansprechende und diskussionsfreudige Veranstaltung statt, bei der es um Messungen an auxetischen sowie an additiv gefertigten Gitterstrukturen, Prozeduren bei patientenspezifischen Untersuchungen im Fall von Unterschenkelfrakturen, Bildkorrelationsverfahren bei Bohrungen zur Eigendehnungsanalyse, sehr kleine Proben, fortgeschrittene Techniken der DMTA-Analyse sowie Unsicherheitsquantifizierung der Gaussschen Fehlerfortpflanzung zur Modellvalidierung ging. Durch die Themenvielfalt wurde sehr deutlich, dass die Methoden der experimentellen Mechanik in vielen Forschungsbereichen zur Anwendung kommen und so eine Klammer zwischen teilweise stark unterschiedlichen Bereichen darstellen.

Der Fachausschuss hat zudem Herrn Professor François Hild von der ENS Paris-Saclay, France, für die GAMM-Jahrestagung in Magdeburg als einen Hauptredner vorgeschlagen, dem das Konferenzkomitee gefolgt ist. Herr Professor Hild gilt als ein hervorragender Wissenschaftler auf dem Gebiet der experimentellen Mechanik.

Derzeit läuft ein Call für ein Special Issue “On the quest of constitutive models and extraction of material parameters from full-field measurements” für das Springer-Journal “Advanced Modeling and Simulation in Engineering Sciences”. Die Gast-Editoren sind Pedro Camanho (University of Porto, Portugal), François Hild (ENS Paris-Saclay, France) und Stefan Hartmann (Clausthal University of Technology, Germany). Die Einreichungsfrist ist am 1. März 2024.

Die kommende Jahresversammlung ist an der TU Clausthal in 2024 geplant.

JAHRESBERICHT 2023 DES GAMM-FACHAUSSCHUSSES

DATA-DRIVEN MODELING AND NUMERICAL SIMULATION OF MICRO- STRUCTURED MATERIALS (AG DATA)



Benjamin Klusemann



Felix Fritzen

Im GAMM Fachausschuss Data-driven modeling and numerical simulation of microstructured materials (AG Data) werden Aspekte der datengetriebenen Modellierung, des maschinellen Lernens und der Multiskalen-Simulation von heterogenen Materialien und Verbundwerkstoffen diskutiert und Kompetenzen hierzu kanalisiert. In 2022 fand wieder ein Präsenzworkshop am 20./21.3.23 in Stuttgart statt, welcher dankenswerterweise von Tim Ricken und Mitarbeitern organisiert wurde. Inhaltlich war die Materialmodellierung mit künstlichen neuronalen Netzen stark vertreten, bei der die Materialtheorie berücksichtigt wird. Nach dem großen Erfolg in 2021 und 2022, wurde am 19.12.2023 wieder ein Online-Event angeboten. Kurze Impulsvorträge wurden durch eine digitale Postersession ergänzt, die in einer vir-

tuellen Umgebung mit lokalen Gesprächsrunden stattfanden. Das nächste Treffen der AG Data in Präsenz wird am 6./7. Februar 2024 in Dresden abgehalten. Die Organisation wird erfreulicher Weise von Markus Kästner und Mitarbeitern übernommen. Alle weiteren relevanten Informationen werden zeitnah über die Homepage und die Mailingliste der GAMM AG Data bekanntgegeben.

Homepage:

<https://www.mib.uni-stuttgart.de/dae/ag-data>

Mailingliste: Mail an fritzen@mib.uni-stuttgart.de.

JAHRESBERICHT 2023 DES GAMM-FACHAUSSCHUSSES UNCERTAINTY QUANTIFICATION (UQ)



Andrea Barth



Lorenzo Tamellini

Der Fachausschuss Uncertainty Quantification (FA UQ) fördert den wissenschaftlichen Austausch zur Quantifizierung von Unsicherheiten in technisch-wissenschaftlichen Berechnungen und vertritt dieses Fachgebiet innerhalb der GAMM. Der FA UQ zählt aktuell 116 Mitglieder; Mitgliedschaft kann jederzeit beantragt werden per E-Mail an gamm-uq@zib.de. Aktuelle Informationen finden sich unter <http://gamm-ag-uq.zib.de> und werden auch über den eigenen Mailverteiler an die Mitglieder*innen verschickt. Zusätzlich findet zweimal jährlich ein Austausch in einem Online-Meeting statt.

Bei der Jahrestagung in 2023 wurde die Sektion von Bojana Rosic (University of Twente) und Alexander Litvinenko (RWTH Aachen) organisiert. Insgesamt fanden 24 Vorträge statt.

Chiara Piazzola (TU Muenchen) und Kerstin Lux-Gottschalk (Eindhoven University of Technology) organisierten das Minisymposium "Uncertainty Quantification for Random Differential Equations" auf der SIAM Conference on Applications of Dynamical Systems, welche vom 14. bis 18. Mai 2023 in Portland, Oregon, stattfand. Das Minisymposium brachte Wissenschaftler aus den Gebieten der Dynamik nichtlinearer Systeme und der Quantifizierung von Unsicherheiten zusammen. Grundidee war Verbindungen zwischen Uncertainty Quantification und Dynamischen Systemen zu vertiefen.

Zusammen mit Jean-Marc Bourinet (Sigma Clermont), M. Shields (John Hopkins University) und Alexandros Taflandis (University of Notre Dame) organisierte Bruno Sudret (ETH Zuerich) das Minisymposium „Surrogate Modelling and Data-Driven Approaches for Uncertainty Quantifi-

cation“ auf der UNCECOMP 2023 in Athen (12.-14. Juni 2023). Das Minisymposium war mit 5 Sessions und 28 Papern das groesste der gesamten Konferenz.

Alex Bespalov (University of Birmingham) und Michele Ruggeri (University of Bologna) organisierten das Minisymposium „Recent Advances in Computational PDEs for Uncertainty Quantification“ auf der 29th Biennial Numerical Analysis Conference in Glasgow vom 27. bis 30. Juni 2023 in dem diverse Mitglieder des FA UQ ihre Forschung präsentierte.

Ein weiteres sehr erfolgreiches Minisymposium wurde von Chiara Piazzola (TU Muenchen), Björn Sprungk (TU Bergakademie Freiberg) und Lorenzo Tamellini (CNR-IMATI) auf der 7. ECCOMAS Young Investigators Conference in Porto organisiert. Unter den 14 Beiträgen zum Minisymposium waren zahlreiche von Mitgliedern des GAMM FA UQ.

Termine in 2024:

- GAMM Jahrestagung 2024 in Magdeburg, die Sektion S15 wird von Kerstin Lux (TU Eindhoven) und Lorenzo Tamellini (CNR-IMATI) organisiert.
- FA UQ Treffen bei der Jahrestagung 2024 in Magdeburg.
- SIAM UQ Konferenz in Triest in Kooperation mit dem GAMM FA UQ, mit diversen Minisymposia organisiert durch Mitglieder des GAMM FA UQ.

JAHRESBERICHT 2023 DES GAMM-FACHAUSSCHUSSES

COMPUTATIONAL AND MATHEMATICAL METHODS IN DATA SCIENCE



Axel Klawonn



Martin Stoll

Der Fachausschuss Computational and Mathematical Methods in Data Science (COMinDS) wurde im März 2019 ins Leben gerufen und hat zur Zeit nahezu 200 Mitglieder aus mehr als 20 verschiedenen Ländern.

Ein wichtiges erklärtes Ziel bleibt die Unterstützung von Nachwuchswissenschaftlern/-innen im Bereich und die bessere Vernetzung in vielfältige andere Forschungsgebiete. Dazu dient die Webseite des Fachausschusses (FA) als zentrale Kommunikationsplattform mit einem Job- und Konferenz-Forum, sowie der Email-Verteiler, welcher regelmäßig genutzt wird.

Im Jahr 2023 fand der jährliche Workshop an der Universität zu Köln statt. Für Hauptvorträge eingeladen waren Aleksandar Bojchevski (Uni Köln), Karen Veroy-Grepl (TU Eindhoven), Alexander Heinlein (TU Delft), Sebastian Peitz (Uni Paderborn).

Neben den Hauptvorträgen gab es erfreulich viele Präsentationen von Nachwuchswissenschaftlern. Dieser Workshop diente insbesondere dem Erfahrungsaustausch und der Vernetzung untereinander.

Auf der GAMM-Jahrestagung in Dresden fand nun zum zweiten Mal die Sektion Computational and Mathematical

Methods in Data Science statt, welche mit fast 30 Vorträgen aus unterschiedlichsten Forschungsbereichen sehr gut angenommen wurde. Keynotevorträge innerhalb dieser Sektion 25 wurden von Feliks Nüske (MPI Magdeburg) und Bernhard Schmitzer (Uni Göttingen) gehalten. Weiterhin war der Fachausschuss an der Organisation eines Workshops zur Optimierung im Maschinellen Lernen mit dem Exzellenzcluster Math+ an TU/HU Berlin beteiligt. Für das Jahr 2024 sind weitere Aktivitäten geplant. Beispielsweise wird der jährliche Workshop an der TU Delft stattfinden und wir freuen uns auf eine aktive Sektion, sowie ein Minisymposium und einen Hauptvortrag zu Scientific Machine Learning innerhalb der GAMM-Jahrestagung in Magdeburg.

Zusätzliche Informationen zu den Aktivitäten des FA sind auf der Seite www.tuchemnitz.de/mathematik/wire/cominds/ zu finden. Bei Interesse laden wir jeden herzlich dazu ein, Mitglied zu werden.

JAHRESBERICHT 2023 DES GAMM-FACHAUSSCHUSSES

PHASENFELDMODELLIERUNG



Laura De Lorenzis



Bernd Markert

Der Fachausschuss Phasenfeldmodellierung ist eine interdisziplinäre Zusammensetzung von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern aus den Bereichen Mathematik, Materialwissenschaft, und Mechanik. Das thematische Spektrum umfasst Formulierungen für Erstarrungsvorgänge und allgemeine Phasentransformationen, sowie Modellierungsansätze in Gebieten wie Bruchmechanik, Benetzung und Topologieoptimierung, und deren numerische Umsetzung. Das „8th GAMM Workshop on Phase Field Modeling“ wurde von Herrn Dr. Pietro Carrara, Frau Dr. Chenyi Luo und Frau Prof. Laura De Lorenzis am 6.-7.2.2022 an der ETH Zürich veranstaltet. Nach der vorigen zweijährigen Corona-bedingte Pause hat am sehr gut besuchten Workshop ein

reger Austausch zwischen alten und neuen Mitgliedern des Fachausschusses stattgefunden.

Im Laufe des Jahres wurden von Mitgliedern des Fachausschusses (in Zusammenarbeit mit anderen KollegInnen) mehrere Minisymposien zur Phasenfeldmodellierung an internationalen Tagungen organisiert, u.a. an der CFRAC in Prag (21-23 Juni 2023), an der 17. USNCCM in Albuquerque (23-27 Juli 2023), und an der COMPLAS in Barcelona (5-7 September 2023).

- 8.-9.2.2024, Dresden, 9th GAMM Workshop on Phase Field Modeling.

JAHRESBERICHT 2023 DES GAMM-FACHAUSSCHUSSES

MODERNE LEHRE UND DIDAKTIK



Thorsten Bartel

2023 war das bisher ereignisreichste Jahr für unseren Fachausschuss. Am 01.06. fand im Rahmen der GAMM-Jahrestagung ein Minisymposium statt, das allein dem Thema „Didaktik“ gewidmet war. Die Anzahl der Teilnehmenden übertraf unsere Erwartungen bei weitem. Dies hat uns zusätzlich motiviert, auch weiterhin Aktivitäten im Rahmen der GAMM-Tagungen durchzuführen und bestenfalls zu einem festen Bestandteil zu machen. Mit dem 5. internen Treffen am 15.06. zum Thema „Kompetenzorientiertes Prüfen“ haben wir das theoretische Fundament, auf dem wir im Fachausschuss weiter aufbauen wollen, vollendet. Inhaltlicher Kernpunkt war dabei der Widerspruch zwischen angestrebten sowie dringend benötigten Kompetenzen und solchen, die man mit herkömmlichen Prüfungsformen – zumeist Klausuren mit kurzer Bearbeitungszeit – überhaupt prüfen kann. Seit diesem Treffen vollziehen wir im Fachausschuss den Übergang von der Theorie zur praktischen Umsetzung der Konzepte. So lag der Fokus bei unserem 6. Treffen am 28.11.2023 auf Best-Practice-Beispielen, was auch für die nächsten Treffen beibehalten wird. Das erste Beispiel umfasste ein am Institut für Baumechanik der TU Graz entwickeltes Tool zur automatischen Generierung von Übungsaufgaben im Bereich der Statik. Das auf Python und moodle basierende Tool wird dafür eingesetzt, den zahlreichen Studierenden individuelle Übungsauf-

gaben zur Verfügung zu stellen, deren Lösungen dann zudem in moodle automatisiert überprüft werden können. Das zweite Beispiel behandelte ein neues Konzept zur Durchführung einer Lernveranstaltung, indem keine strikte Trennung mehr zwischen Vorlesung, Übung und Tutorium vorgenommen wird. Dies dient insbesondere dazu, Studierende während des Semesters aktiv einzubinden und eine wesentlich bessere Lernstandskontrolle zu ermöglichen. Großes Potenzial für eine nachhaltige Weiterentwicklung der Lehre weist das am 01.09.2023 gestartete Projekt „OERContent.nrw“ des Landes NRW auf, an dem auch Mitglieder unseres Fachausschusses federführend beteiligt sind. In diesem Projekt entwickelt ein aus 5 Universitäten und 3 Hochschulen bestehendes Konsortium ein umfassendes Konzept inklusive digitaler Lernmaterialien für eine zeitgemäße und kompetenzorientierte Ausbildung in den Grundlagen der Mechanik. Ausblickend auf 2024 ist mit einem zweitägigen Workshop zur konkreten Umsetzung didaktischer Konzepte in Lernveranstaltungen bereits ein weiteres Highlight geplant.

<https://im.mb.tu-dortmund.de/gamm-1/gamm-fa-didaktik/>

WISSENSCHAFTLICHE VERANSTALTUNGEN

GAMM

Gesellschaft für Angewandte Mathematik und Mechanik
<http://www.gamm.org>

Tagungsjahr 2024

94. GAMM Jahrestagung in Magdeburg

18. - 22. März 2024
www.jahrestagung.gamm.org

Angewandte Operatortheorie

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

Dynamik und Regelungstheorie

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

Analysis von Mikrostrukturen

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

- Jahrestreffen des SPP 2256 „Variationelle Methoden zur Vorhersage komplexer Phänomene in Strukturen und Materialien der Ingenieurwissenschaften“: 25.9. bis zum 27.9.2024 in Regensburg

Optimierung mit partiellen Differentialgleichungen

<http://www.gamm.optpde.net>

Computational Science and Engineering (CSE)

<http://www.mb.uni-siegen.de/nm/gamm-cse/>

Mathematische Signal- und Bildverarbeitung

<http://www3.math.tu-berlin.de/numerik/GAMM-MSIP/>

Uncertainty Quantification

<http://www.tu-chemnitz.de/gamm-uv>

Phasenfeldmodellierung

http://www.mv.uni-kl.de/lm/forschung/GAMM-FA_PFM

Computational Biomechanics

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

Modeling, Analysis and Simulation of Molecular Systems

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

Data-driven Modeling and Numerical Simulation for Microstructured Materials

<http://www.mechbau.uni-stuttgart.de/EMMA/ag-data>

Angewandte und Numerische Lineare Algebra

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

Analysis partieller Differentialgleichungen

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

- 12th Workshop of the GAMM Activity Group; Prague; 16.-18. September 2024

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

Computational and Mathematical Methods in Data Science

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

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

IUTAM

International Union of Theoretical and Applied Mechanics
<http://www.iutam.net>

ECCOMAS

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

EUROMECH

European Mechanics Society
<http://www.euromech.org>

EMS

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

MFO

Mathematisches Forschungsinstitut Oberwolfach
<http://www.mfo.de>

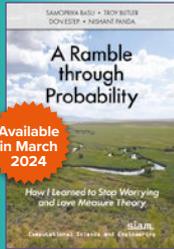
CISM

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

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

Rundbrief Readers

Save up to 30% on these titles & more!



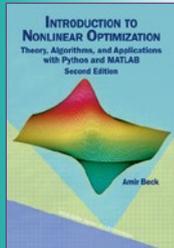
A Ramble through Probability

How I Learned to Stop Worrying and Love Measure Theory

Samopriya Basu, Troy Butler, Don Estep, and Nishant Panda

Measure theory and measure-theoretic probability are fascinating subjects. Proofs describing profound ways to reason lead to results that are frequently startling, beautiful, and useful. Measure theory and probability also play roles in the development of pure and applied mathematics, statistics, engineering, physics, and finance. This book traces an eclectic path through the fundamentals of the topic to make the material accessible to a broad range of students. It brings together the key elements and applications in a unified presentation aimed at developing intuition; contains an extensive collection of examples that illustrate, explain, and apply the theories; and is supplemented with videos containing commentary and explanations of select proofs on an ancillary website.

2024 • xvi + 611 pages • Softcover • 9781611977813
List \$94.00 • SIAM Member \$64.80 • CS29



Introduction to Nonlinear Optimization

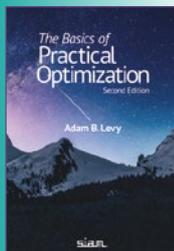
Theory, Algorithms, and Applications with Python and MATLAB

Second Edition

Amir Beck

Built on the framework of the successful first edition, this book serves as a modern introduction to the field of optimization. The author's objective is to provide the foundations of theory and algorithms of nonlinear optimization, as well as to present a variety of applications from diverse areas of applied sciences. The book gradually yet rigorously builds the connections between theory, algorithms, applications, and actual implementation. The book contains several topics not typically included in optimization books, such as optimality conditions in sparsity constrained optimization, hidden convexity, and total least squares. Readers will discover applications such as circle fitting, Chebyshev center, Fermat–Weber problem, denoising, clustering, total least squares, and orthogonal regression, which are studied both theoretically and algorithmically, illustrating concepts such as duality. Python and MATLAB programs are used to show how the theory can be implemented. The extremely popular CVX toolbox (MATLAB) and CVXPY module (Python) are described and used.

2023 • xii + 351 • Softcover • 9781611977615
List \$84.00 • SIAM Member \$58.80 • MO32



The Basics of Practical Optimization

Second Edition

Adam B. Levy

Optimization problems are generated constantly, and the theory of optimization has grown and developed in response to the challenges presented by these problems. This textbook aims to show readers how optimization is done in practice and help them to develop an appreciation for the richness of the theory behind the practice. Exercises, problems (including modeling and computational problems), and implementations are incorporated throughout the text to help students learn by doing. Python notes are inserted strategically to help readers complete computational problems and implementations.

2022 • xviii + 160 • Softcover • 9781611977363
List \$65.00 • SIAM Member \$45.50 • OT186

Foundations of Computational Imaging

A Model-Based Approach

Charles A. Bouman

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

2022 • xii + 337 pages • Softcover • 9781611977127
List \$84.00 • SIAM Member \$58.80 • OT180

Calculus for the Natural Sciences

Michel Helfgott

In this textbook on calculus of one variable, applications to the natural sciences play a central role. Examples from biology, chemistry, and physics are discussed in detail without compromising the mathematical aspects essential to learning differential and integral calculus. It distinguishes itself from other textbooks on the topic by balancing theory, mathematical techniques, and applications to motivate students and bridge the gap

between mathematics and the natural sciences and engineering; employing real data to convey the main ideas underlying the scientific method; and using SageMath and R to perform calculations and write short programs, thus giving the teacher more time to explain important concepts.

2023 • xii + 444 pages • Softcover • 9781611977684
List \$94.00 • SIAM Member \$65.80 • OT194

Methods in Computational Science

Johan Hoffman

Computational methods are an integral part of most scientific disciplines, and a rudimentary understanding of their potential and limitations is essential for any scientist or engineer. This self-contained textbook introduces computational science through a set of methods and algorithms, with the aim of familiarizing the reader with the field's theoretical foundations and providing the practical skills to use and develop computational methods. Centered around a set of fundamental algorithms presented in the form of pseudocode, it extends the classical syllabus with new material, presents theoretical material alongside several examples and exercises, and provides Python implementations of many key algorithms.

2021 • xvi + 396 pages • Softcover • 9781611976717
List \$89.00 • SIAM Member \$62.30 • CS24

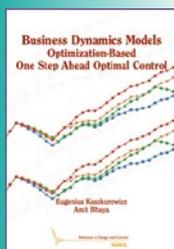
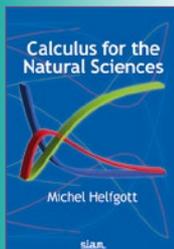
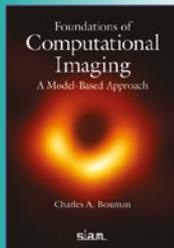
Business Dynamics Models

Optimization-Based One Step Ahead Optimal Control

Eugenius Kaszkurewicz and Amit Bhaya

This book introduces optimal control methods, formulated as optimization problems, applied to business dynamics problems. It includes solutions that provide a rationale for the use of optimal control and guidelines for further investigation into more complex models, as well as formulations that can also be used in a so-called flight simulator mode to investigate different complex scenarios. The text offers a modern programming environment (Jupyter notebooks in JuMP/Julia) for modeling, simulation, and optimization, and Julia code and notebooks are provided on a website for readers to experiment with their own examples.

2022 • xxii + 184 pages • Softcover • 9781611977301
List \$89.00 • SIAM Member \$62.30 • DC40



siam | Society for Industrial and Applied Mathematics
BOOKSTORE

To order, visit bookstore.siam.org

Use code **BKGM24** to get 20% discount. SIAM members automatically receive 30% off. Members and customers outside North and South America can order at eurospanbookstore.com/siam and save on shipping.

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

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

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

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

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

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

Weitere Mitglieder des Vorstandsrates

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Beratende Mitglieder des Vorstandsrates

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

Prof. i.R. Friedrich Pfeiffer
 Technische Universität München, Lehrstuhl B für
 Mechanik, Boltzmannstraße 15, 85748 Garching

Kassenprüfer

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

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

EHRENMITGLIEDER DER GAMM

Ehrenvorsitzender

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

Ehrenmitglieder

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

Prof. Dr. Aurel Stodola
† 25. Dezember 1942

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

PERSONALIA

Todesfälle, wir gedenken:

Prof. Dr. Eveline Gottzein, Höhenkirchen-Siegertsbrunn
Dr. Jürgen Kux, Hamburg
Prof. Dr.-Ing. Josef Betten, Aachen-Verlautenheide

Prof. Dr. Gert Böhme, Bremen
Dr. Herbert Niessner, Baden-Rütihof

Rundbrief Readers

Save up to 30% on these titles & more!

