

AUS DEM INHALT:

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

BEN SCHWEIZER:
EFFECTIVE DISPERSION OF WAVES
IN HETEROGENEOUS MEDIA

JOHANNES WEICKENMEIER,
ALAIN GORIELY & ELLEN KUHL:
GEHIRNMECHANIK?

1/2018

JUNGE WISSENSCHAFTLER:
ELISABETH ULLMANN
DANIEL JUHRE

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

Schriftleitung:
 Prof. Dr.-Ing. Jörg Schröder
 Universität Duisburg-Essen
 Institut für Mechanik
 Universitätsstraße 15
 45117 Essen
 Tel.: + 49 (0)201 / 183-2708
 Fax: + 49 (0)201 / 183-2708
 E-Mail: j.schroeder@uni-due.de

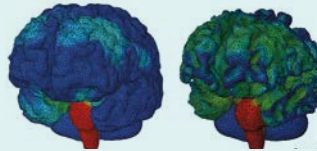
Anzeigenverwaltung
 GAMM Geschäftsstelle
 c/o Prof. Dr.-Ing. habil. Michael Kaliske
 Institut für Statik und Dynamik der
 Tragwerke
 Fakultät Bauingenieurwesen
 Technische Universität Dresden
 01062 Dresden
 Tel.: + 49 (0)351 / 46333448
 E-Mail: GAMM@mailbox.tu-dresden.de

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

4 Effective dispersion of waves in heterogeneous media

Ben Schweizer

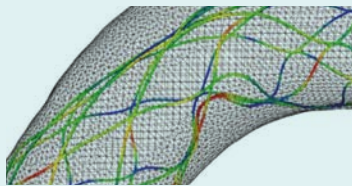


10 Gehirnmechanik?
 Johannes Weickenmeier,
 Alain Goriely, Ellen Kuhl

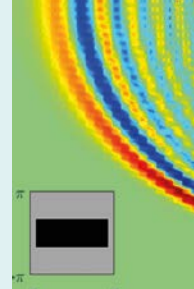


17 Steckbrief Elisabeth Ullmann

19 Steckbrief Daniel Juhre

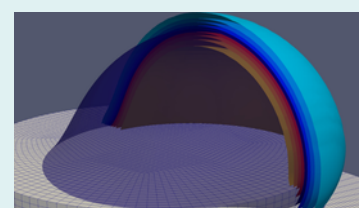


23 GAMM Juniors' Summerschool Applied Mathematics and Mechanics
 Ulrich Römer, Bojana Rosic &
 Claudia Schillings



Berichte aus den Fachausschüssen:

- 24 Angewandte Operatortheorie**
- 24 Optimierung mit partiellen Differentialgleichungen**
- 25 Analysis partieller Differentialgleichungen**
- 26 Analysis von Mikrostrukturen**
- 26 Experimentelle Festkörpermechanik**
- 27 Dynamik und Regelungstheorie**
- 28 Mathematische Signal- und Bildverarbeitung (MSIP)**
- 29 Uncertainty Quantification**
- 29 Angewandte und Numerische Lineare Algebra (ANLA)**
- 30 Computational Science and Engineering (CSE)**
- 31 Phasenfeldmodellierung**
- 31 Data-driven modeling and numerical simulation of micro-structured materials (AG Data)**
- 32 Stochastische Optimierung in der Technik**
- 33 Modellierung, Analysis und Simulation molekularer Systeme**
- 34 Numerische Analysis**
- 34 Wissenschaftliche Veranstaltungen**
- 37 Ausschreibung: Richard-von-Mises-Preis 2017**
- 38 Vorstand der GAMM**
- 39 Ehrenmitglieder der GAMM**





LIEBE LESERIN, LIEBER LESER, LIEBE GAMM-MITGLIEDER,

durchläuft eine Welle ein homogenes Medium, so ändert sich deren Form nicht. Betrachtet man dagegen ein heterogenes Material, so tritt Streuung (Dispersion) auf und die Form ändert sich. Im ersten Beitrag des Kollegen Ben Schweizer (TU Dortmund) geht es um die effektive Streuung von Wellen in heterogenen Medien. Motiviert ist der Artikel durch den scheinbaren Widerspruch, dass die Homogenisierungstheorie für die Wellengleichung in einem periodischen Medium auf eine effektive Wellengleichung führt, die nicht dispersiv ist. Andererseits tritt streuendes (dispersives) Verhalten der Wellen in einem periodischen Medium in numerisch berechneten Ergebnissen auf. Ausgehend von diesem Sachverhalt startet Ben Schweizer seine Erklärungen.



„Das menschliche Gehirn ist ein poröser, flüssigkeitsgesättigter, quasi-inkompressibler, nichtlinearer Festkörper“ – so beginnt der zweite Absatz des Beitrags „Gehirnmechanik?“ von Johannes Weickenmeier (Hoboken, USA), Alain Goriely (Oxford, UK) und Ellen Kuhl (Stanford, USA). Aufgrund der wachsenden Lebenserwartung wird die Anzahl neurodegenerativer Erkrankungen, wie z. B. Alzheimer, zunehmen. Der Beitrag gibt einen Einblick, wie Festkörper- und Strömungsmechanik, Angewandte Mathematik und experimentelle Techniken genutzt werden können, um verschiedene Aspekte des Gehirns zu modellieren und simulieren. Die Autoren diskutieren dabei auch aktuelle, offene Fragen der Neuromechanik. Sie geben dabei insbesondere dem Nicht-Experten einen gut geschriebenen Einblick in ein neues, interessantes Forschungsgebiet.

Wie immer, haben wir auch dieses Mal wieder zwei Nachwuchswissenschaftler*innen, die sich mit ihrem Arbeitsgebiet im Rundbrief vorstellen. Es sind aus der Mathematik Elisabeth Ullmann von der TU München und aus der Mechanik Daniel Juhre von der Universität Magdeburg.

Im vergangenen Juli haben die GAMM-Juniors eine Sommerschule mit dem Thema „Bayesian Inference: probabilistic learning from data“ aus dem aktuellen Bereich UQ und Data Science veranstaltet. Eingeladene Vorträge wurde von Joachim Denzler (Universität Jena), Martin Eigel (WIAS), Youssef Marzouk (MIT, USA) und Hermann Matthies (TU Braunschweig) gehalten. Die Organisatoren Ulrich Römer, Bojana Rusic (beide TU Braunschweig) und Claudia Schillings (Universität Mannheim), die das Programm durch eigene Vorlesungen und Übungen ergänzten, berichten in dieser Ausgabe davon.

Traditionell berichten in der Frühjahrsausgabe des GAMM-Rundbriefes die derzeit existierenden GAMM-Fachausschüsse über ihre Aktivitäten des vergangenen Jahres. Hinweisen möchten wir auch wieder auf die Ausschreibung des Richard-von-Mises-Preises.

Als Herausgeber des Rundbriefes bedanken wir 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 Email an j.schroeder@uni-due.de (Mechanik) oder axel.klawonn@uni-koeln.de (Mathematik).

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

Köln und Essen im Januar 2018

Axel Klawonn und Jörg Schröder

EFFECTIVE DISPERSION OF WAVES IN HETEROGENEOUS MEDIA

BY BEN SCHWEIZER

When a wave pulse travels through a homogeneous medium, it does so without changing its form. By contrast, when the pulse travels through either a heterogeneous or a discrete medium, we observe *dispersion*: The pulse changes its form. This can be seen in experiments and in numerical calculations, cp. Figure 1. In this note we review classical perspectives and discuss new research on the dispersive character of heterogeneous materials.

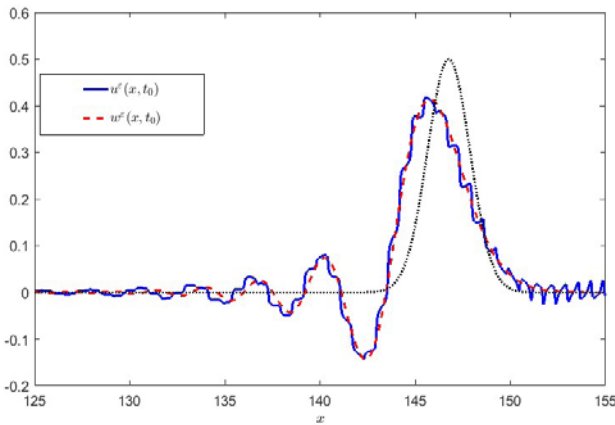


Fig. 1: Numerical results for the one-dimensional wave equation (7), $\epsilon = 0.1$ and $t_0 = 200$. The dashed black line shows the bell-shaped solution of the homogenized equation $\partial_t^2 u = a^* \partial_x^2 u$ for $a^* = 0.5385$; it coincides with a shift of the initial values u_0 . The wiggly blue line shows the numerical solution u^ϵ of the ϵ -problem in the periodic medium. It clearly differs from the solution of the homogenized equation. The dashed red line is the solution to the weakly dispersive homogenized equation (11). It describes the essential features of u^ϵ accurately.

Recent research is motivated by the fact that dispersion seems to be in contradiction with homogenization theory [9, 11]. Homogenization theory for the wave equation (7) yields that the wave equation in a periodic medium can be approximated by an effective wave equation – which is not dispersive [12]. Nevertheless, numerical results of [18, 19] showed the dispersive behavior of waves in a periodic medium as in Figure 1.

We start the explanation of this effect with general thoughts on the phenomenon of dispersion.

The dispersion relation. Let us begin with some purely formal calculations, using the two equations

$$\partial_t^2 u = c^2 \Delta u \tag{1}$$

$$\partial_t^2 u = a \Delta u + b \Delta^2 u \tag{2}$$

as examples. The equations are homogeneous and linear, we consider the full space problem $x \in \mathbb{R}^n$. In the attempt to find planar wave solutions, we insert the ansatz $u(x,t) = e^{i(k \cdot x - \omega t)}$ into the equation, which provides a relation for $\omega(k)$, the “dispersion relation”. For the wave equation (1) we find $\omega(k)^2 = c^2 |k|^2$. Since the speed of a function with the argument $k \cdot x - \omega(k)t$ is given by $\omega(k)/|k|$, our calculation confirms that c is the speed of waves in (1); we always assume non-negativity of a , c , and $\omega(k)$. For equation (2) we find the dispersion relation $\omega(k)^2 = a|k|^2 - b|k|^4$. In this case, the velocity $\omega(k)/|k|$ of the planar wave depends on k . This is dispersion: The speed depends on k . We note that we simplified matters here by using the phase velocity instead of the group velocity $\nabla \omega(k)$.

Dispersion in physics. It is useful to start from the phenomenon of *refraction*, known from everyday experience: A light ray bends at an interface between glass and air. The reason is that the speed of light is lower in glass than in air. Since light travels along shortest paths (short in the metric of travel time), the light ray is bent at the interface according to Snell’s law. *Dispersion* occurs when the speed of light depends on frequency: In glass, blue light is slower than red light, it is therefore bent more than red light. This explains why a glass prism can decompose white light into its different colors.

The physics of dispersion has roots in the atomic character of matter: Glass molecules act as resonators and interact with the light wave. Since its frequency is closer to the resonance, blue light has the stronger interaction with the resonators. When resonance occurs, some of the energy of the wave is absorbed and radiated again; this results in a redistribution of the energy in different directions and in a smaller effective speed.

We observe that the naive statement “the speed depends on the frequency” bears a problem for the quantitative description: Light is described by Maxwell’s equations, which reduce in certain idealized settings to the wave equation (1). But we cannot write something like “ $\partial_t^2 u = c(\omega)^2 \Delta u$ ” in a time-dependent equation since it does not contain the variable ω . The correct description of light in matter uses convolutions in time to express the constitutive relations.

Superposition of time-harmonic waves. We now want to show that, despite the above problem, the superposition of planar waves works well even for general dispersion relations.

We keep the frequency ω fixed and assume that u has the time dependence $e^{-i\omega t}$. We then replace ∂_t^2 by $-\omega^2$ in the wave equation, which leads to the Helmholtz equation $-\omega^2 u = c^2 \Delta u$. We emphasize that, in this setting, it makes sense to consider $c = c(\omega)$. Let us check if we can recover solutions to a time-dependent problem with this method. Assuming that $e^{i(k \cdot x - \omega(k)t)}$ are solutions to some linear equation for every k , the superposition of waves

$$u(x, t) = \int_{\mathbb{R}^n} \hat{u}_0(k) e^{i(k \cdot x - \omega(k)t)} dk \quad (3)$$

is also a solution to that equation. We conclude that Fourier-transform representations of solutions work well even for $\omega = \omega(k)$. An example is given by (2): If we define $\omega(k)$ by the dispersion relation $\omega(k)^2 = a|k|^2 - b|k|^4$ and consider the initial data $u_0(x) = \int_{\mathbb{R}^n} \hat{u}_0(k) e^{ik \cdot x} dk$, then a solution to the time-dependent equation (2) is given by (3). Initial data for both u and $\partial_t u$ can be realized if we use additionally the planar waves $e^{i(k \cdot x + \omega(k)t)}$.

Dispersion in lattice dynamics. Let us investigate now a different physical problem, the motion of lattice points in a simple spring-mass model. This is a classical topic in the literature, our evolution equation (4) was already discussed e.g. in [23], it is a linear version of a Fermi-Pasta-Ulam (FPU) lattice.

In dimension $d \geq 1$ we consider the lattice points $\gamma \in \mathbb{Z}^d$. The displacement of the mass in γ at time $t \in [0, \infty)$ is $u(\gamma, t)$, its evolution is given by

$$\partial_t^2 u(\gamma, t) = \sum_{j \in \mathbb{Z}^d} a_j u(\gamma + j, t) \quad (4)$$

with the initial conditions $u(\gamma, 0) = u_0(\gamma)$ and $\partial_t u(\gamma, 0) = u_1(\gamma)$. The interaction coefficients (a_j) are given; the simplest example in dimension $d = 1$ is the next-neighbor choice $a_1 = a_{-1} = 1$, $a_0 = -2$, and $a_j = 0$ for every j with $|j| > 1$. In this case, the right hand side of (4) is the discrete Laplacian of $u(\cdot, t)$ at the point γ .

A Fourier transform on the lattice can be defined by $\hat{u}(k, t) = \sum_{\gamma \in \mathbb{Z}^d} e^{-ik \cdot \gamma} u(\gamma, t)$ for every $k \in \mathbb{R}^d$. We find that the Fourier transform \hat{u} of a solution to (4) satisfies

$$\begin{aligned} \partial_t^2 \hat{u}(k, t) &= \sum_{\gamma \in \mathbb{Z}^d} e^{-ik \cdot \gamma} \sum_{j \in \mathbb{Z}^d} a_j u(\gamma + j) \\ &= \sum_{j \in \mathbb{Z}^d} a_j e^{ik \cdot j} \sum_{\gamma \in \mathbb{Z}^d} e^{-ik \cdot (\gamma + j)} u(\gamma + j) \\ &= -\omega(k)^2 \hat{u}(k, t) \end{aligned} \quad (5)$$

with the dispersion relation

$$\omega(k)^2 := - \sum_{j \in \mathbb{Z}^d} a_j e^{ik \cdot j}.$$

Equation (5) can be solved explicitly with the basis functions $e^{\pm i\omega(k)t}$. This, in turn, provides explicit solutions to the lattice wave equation (4) in the form of planar waves $e^{ik \cdot j \pm i\omega(k)t}$. This method provides once more an explicit solution formula in the spirit of (3) and was used recently e.g. in [20, 22].

We note that the above one-dimensional example yields $\omega(k)^2 = -(e^{ik} - 2 + e^{-ik}) = k^2 - \frac{1}{12} k^4 \pm \dots$, which is close to k^2 for small k , corresponding to the wave-speed $c = 1$. On the other hand, the function $\omega(k)$ is clearly not 1-homogeneous and we therefore observe dispersion even in the simplest discrete equation.

From dispersion relations to PDEs. For various reasons one is interested to express the dynamics in physical space with a partial differential equation (PDE). One reason is the study of bounded domains, another is the construction of numerical methods. We next describe a procedure that is tempting and widely used, but not without problems.

Let us stick with the example of the dispersion relation $\omega(k)^2 = ak^2 - bk^4$ in one space dimension. We expect that solutions are described by the PDE (2); the reason is that the Fourier transform translates the symbol ω as $i\partial_t$ and the symbol k as $-i\nabla$. For the one-dimensional linear FPU-lattice, this procedure provides the approximate equation

$$\partial_t^2 u = a \partial_x^2 u + b \partial_x^4 u \quad \text{with } a = 1 \text{ and } b = \frac{1}{12}.$$

Since a and b are positive, this equation is called the “bad Boussinesq” equation [13]. The problem is that ∂_x^2 is a negative operator and ∂_x^4 is a positive operator. Testing the equation with $\partial_t u$, assuming that integration by parts is possible without boundary terms, we obtain

$$\partial_t \{ |\partial_t u|^2 + a |\partial_x u|^2 - b |\partial_x^2 u|^2 \} = 0.$$

The potential energy is positive for u with slow variations, but it is negative for highly oscillatory u , since in the latter case the b -contribution wins. Another perspective is that $\omega^2 = ak^2 - bk^4$ has no real solutions ω for large k . The “bad Boussinesq” equation was also obtained by Boussinesq in the study of water waves.

There are two ways to turn the “bad Boussinesq” equation into a “good Boussinesq” equation. One is to calculate the next term in the Taylor expansion of $\omega(k)$; in the FPU example it is $\omega(k)^2 \approx ak^2 - bk^4 + ck^6$ with $a, b, c > 0$.

The corresponding partial differential equation is

$$\partial_t^2 u = a \partial_x^2 u + b \partial_x^4 u + c \partial_x^6 u.$$

This equation is well-posed since $c\partial_x^6 u$ is a negative operator that dominates the fourth derivative.

Another method can be used when b is much smaller than a . In this case, we can argue that $\partial_x^2 u \approx a^{-1}\partial_t^2 u$ and replace $\partial_x^4 u$ by $a^{-1}\partial_x^2\partial_t^2 u$ in the “bad Boussinesq” equation, resulting in

$$\partial_t^2 u = a\partial_x^2 u + \frac{b}{a}\partial_x^2\partial_t^2 u. \quad (6)$$

This is a well-posed equation, as can be seen by testing the equation with $\partial_t u$. For some history of this “Boussinesq replacement trick” see [13]; in the context of discrete lattices it is introduced via the Padé approximation, see (2.12) in [22].

Weak dispersion in x-dependent PDEs

The above discussion suggests the following: A linear PDE with only second order terms shows no dispersion, higher order terms lead to dispersion. We will now show that this is not quite the right picture.

Let us start from a linear wave equation with non-constant coefficients

$$\partial_t^2 u^\varepsilon = \nabla \cdot \left(a \left(\frac{x}{\varepsilon} \right) \nabla u^\varepsilon \right). \quad (7)$$

We wrote a instead of c^2 and used an operator in divergence form, which is natural when we think of Maxwell’s equations. Furthermore, we are interested in a homogenization problem, we therefore use the coefficient $a(x/\varepsilon)$ with a 1-periodic function a and a small length scale $\varepsilon > 0$. We emphasize that the “wave speed” $\sqrt{a(x/\varepsilon)}$ is a function of x , but it does (obviously) not depend on the frequency. Nevertheless, for this simple equation dispersion has been observed, see Figure 1 in one space dimension and Figure 2 in two space dimensions. For various numerical results we refer to [1, 2, 15, 16, 18, 19].

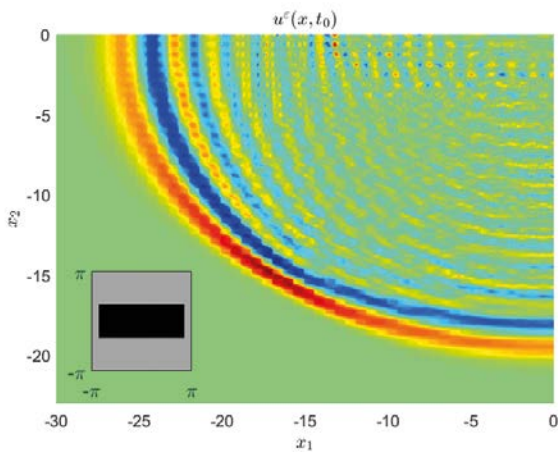


Fig. 2: The solution to the ε -problem (7) in two space dimensions, the microscopic geometry is indicated in the inset. The solution is shown for $\varepsilon = 0.1$, $t_0 = 50$, and initial data $u_0 = \exp(-4|x|^2)$.

Time scales and interpretation. Classical homogenization of (7) provides us with an effective equation that describes solutions u^ε in the limit $\varepsilon \rightarrow 0$ on a fixed time interval. The effective equation is $\partial_t^2 u = \nabla \cdot (a^* \nabla u)$ with an x -independent positive definite effective tensor a^* , which is identical to that of elliptic homogenization. It is therefore surprising that dispersion as in Figure 1 is visible in numerical experiments. The explanation lies in the time scales: For $t \in (0, T)$ the non-dispersive limit system describes solutions well. But on long time intervals $t \in (0, T/\varepsilon^2)$, a dispersive effective system must be used. We interpret the effect of $a(x/\varepsilon)$ as follows: Variations of the coefficient act like interfaces. At interfaces, waves are refracted and partially reflected. This interaction with the microstructure has a result much like the interaction of blue light with glass molecules: It lowers the effective wave speed. As in the glass example, the interaction is stronger for high frequency waves, since their wavelength is closer to the small parameter ε . This leads to dispersion. Due to the scale separation (wave-length of order 1 and oscillations of order ε), the effect is small (of order ε^2). This means that the effect vanishes for $\varepsilon \rightarrow 0$ on intervals $t \in (0, T)$, but the effect is of order 1 for $t \in (0, T/\varepsilon^2)$.

Representations of solutions. One of the fundamental contributions of [24] is the representation of solutions to the wave equation (in periodic media) with the help of Bloch waves. The same approach is exploited in [15], from which we recall (2.10):

$$u^\varepsilon(x, t) = \sum_{m=0}^{\infty} \int_{Z/\varepsilon} \hat{f}_m^\varepsilon(k) w_m^\varepsilon(x, k) \Re \left(e^{it\sqrt{\mu_m^\varepsilon(k)}} \right) dk. \quad (8)$$

In this equation, the left hand side is the solution of the wave equation (7) in the periodic medium. On the right hand side, $m \in \mathbb{N}$ numbers eigenvalues of cell problems, $Z = (-1/2, 1/2)^n \subset \mathbb{R}^n$ is the Brillouin zone, $\hat{f}_m^\varepsilon(k)$ are Bloch coefficients corresponding to the initial data f , $w_m^\varepsilon(x, k)$ are Bloch waves, $\mu_m^\varepsilon(k)$ is the m -th eigenvalue of a Bloch cell-problem with wave vector k .

The authors of [24] exploit the representation (8) for small $\varepsilon > 0$: They show that only the lowest energy band $m = 0$ is relevant, that \hat{f}_0^ε can be approximated by a standard Fourier coefficient, and that w_0^ε can be replaced by a multiple of $e^{ik \cdot x}$, all these properties for $\varepsilon \rightarrow 0$ on the time interval $(0, \infty)$. This simplifies considerably the representation of u^ε , leaving us with $e^{it\sqrt{\mu_0^\varepsilon(k)}}$ as the only factor of interest. As a result, the solution is expressed with an integral as in (3) and we have to work with the dispersion relation $\omega(k) = \sqrt{\mu_0^\varepsilon(k)}$. To proceed, we exploit the algebraic fact that $\mu_0^\varepsilon(k) = \frac{1}{\varepsilon^2} \mu_0(\varepsilon k)$ holds for some ε -independent function μ_0 . A Taylor expansion of this function in $k = 0$ provides

$$\mu_0(k) \approx \sum A_{lm} k_l k_m + \sum C_{lmnq} k_l k_m k_n k_q. \quad (9)$$

We are in a situation as discussed above: Given a dispersion relation, we want to reconstruct an equation for the solution on large time intervals. The natural guess is

$$\partial_t^2 u = AD^2 u - \varepsilon^2 CD^4 u, \quad (10)$$

and this equation appears also in [24] (modulo a typo regarding the sign).

A further analysis yields that the second order tensor A is positive and that the fourth order tensor C is non-positive [14]. This means that (10) is a “bad Boussinesq” equation: The highest order terms indicate that the operator on the right hand side is positive, but for $\varepsilon \rightarrow 0$ the negative second order term is dominant. This “ill-posedness” of (10) explains various facts of the further development: 1. After appearance of [24], no convergence proof was given for 20 years. 2. Numerical schemes such as those in [18, 19] had to be tuned very carefully in order to provide meaningful results.

Rigorous derivation of effective equations. In order to justify a dispersive wave equation as the homogenization limit of (7), an important step is to formulate the limit with a well-posed equation. As indicated in (6), this can be achieved with the replacement trick: Considering (10), we may be able to rewrite the fourth derivatives $-CD^4$ as $ED^2AD^2-FD^4$ with E and F non-negative. Replacing in this term AD^2w^ε by $\partial_t^2 w^\varepsilon$ we obtain a well-posed equation, which is accurate to leading orders in ε :

$$\partial_t^2 w^\varepsilon = AD^2 w^\varepsilon + \varepsilon^2 ED^2 \partial_t^2 w^\varepsilon - \varepsilon^2 FD^4 w^\varepsilon. \quad (11)$$

The quality of this approximate equation can be seen in the numerical results of Figure 3.

The first rigorous justification of a PDE to describe the long time homogenization of (7) was performed by Lamacz in [21]. The effective equation was simpler than (11) since only the one-dimensional case was considered. Homogenization is justified in the following sense: Let u^ε be a solution to (7) and let w^ε be a solution to the dispersive equation (11). Then, on time intervals $(0, T/\varepsilon^2)$, the difference $u^\varepsilon - w^\varepsilon$ is of order ε in appropriate norms.

In arbitrary space dimension, the result has been generalized in [15] and [16]: (11) can be used to replace (7) on large time intervals. The proof of these results was based on the representation formula (8) and exploited ideas of [24]. The numerical results of these contributions and those of [1, 2] confirmed the validity of the well-posed equation (11).

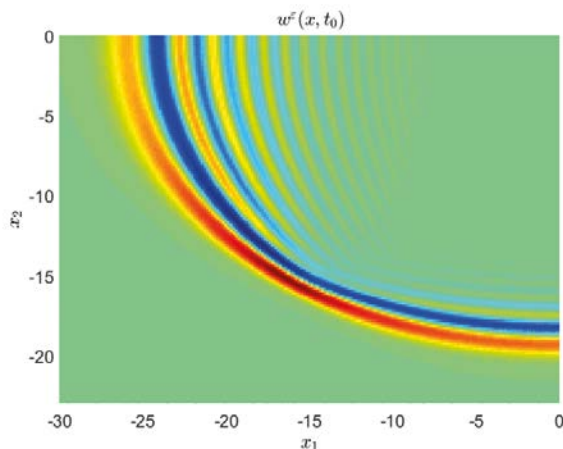


Fig. 3: The solution w^ε to the homogenized equation (11), the parameters ε and t_0 are as in Figure 2. We see a very good qualitative agreement.

We remark that the method of proof in [21] was not based on representation formulas, but on “adaption operators”. In that approach, one starts with the educated guess of (11) and its solution w^ε (which has no oscillations on scale ε). Adapting w^ε appropriately to an oscillatory function provides a candidate that can be compared with u^ε using energy methods. Meanwhile, the same approach has been used in [3] to treat the higher-dimensional case.

Regarding the effective tensors A and C of (10) we note that A can be described in two different ways: 1. As in (9) as the Hessian of the principal Bloch eigenvalue. 2. With the help of cell problems that characterize the corrector of the homogenized solution. It is interesting to note that the Burnett tensor C , defined by the fourth order Taylor expansion of the principal Bloch eigenvalue, does not in general coincide with its cell problem counterpart [5]. On the other hand, for problems as above with vanishing right hand side the effective equations are equivalent.

Historically, an equation with the structure of (11) appeared already more than 50 years ago in the description of micro-structured elastic materials, see (9.31) of [23]. The approximation properties of homogenized equations are typically discussed only in terms of their dispersion relations, see e.g. [17], but rigorous comparisons of solutions to discrete and continuous equations on large time intervals are also possible [25]. The other route to improve the “bad Boussinesq” equation, namely by including 6th-order terms of the expansion, was used in a recent analysis of stochastic coefficients in the wave equation [10].

Other dispersive limit equations. Other dispersive limit equation can be obtained when large potentials are considered. The effective equation can be of parabolic or of Schrödinger type, see [4]. We described here the effective behavior of waves that are generated by smooth initial data. In many applications, one is interested in modulated waves, i.e. in initial data that are the product of a highly oscillatory (Bloch-)wave and a smooth envelope function. The task is then to describe the evolution of the envelope function. For periodic media one can obtain a Schrödinger type equation [6, 7, 8].

Instead of a conclusion. You can find lively discussions on the internet whether or not the following sentence is true: “The blue color of the sky is due to dispersion of light”. My claim is that the sentence is wrong: The sky is blue since blue light is scattered more than red light. But there is a connection between scattering and dispersion, we discussed it in this letter: The dominant scattering of some colors can be a source of dispersion.

References

- [1] A. Abdulle, M. J. Grote, and C. Stohrer. Finite element heterogeneous multiscale method for the wave equation: long-time effects. *Multiscale Model. Simul.*, 12(3):1230–1257, 2014.

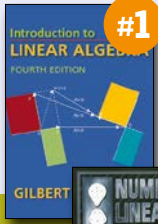
- [2] A. Abdulle and T. Pouchon. Effective models for the multidimensional wave equation in heterogeneous media over long time and numerical homogenization. *Math. Models Methods Appl. Sci.*, 26(14):2651–2684, 2016.
- [3] A. Abdulle and T. Pouchon. Effective models for long time wave propagation in locally periodic media. Technical report, 2017.
- [4] G. Allaire. Dispersive limits in the homogenization of the wave equation. *Ann. Fac. Sci. Toulouse Math. (6)*, 12(4):415–431, 2003.
- [5] G. Allaire, M. Briane, and M. Vanninathan. A comparison between two-scale asymptotic expansions and Bloch wave expansions for the homogenization of periodic structures. *SeMA J.*, 73(3):237–259, 2016.
- [6] G. Allaire, M. Palombaro, and J. Rauch. Diffractive behavior of the wave equation in periodic media: weak convergence analysis. *Ann. Mat. Pura Appl. (4)*, 188(4):561–589, 2009.
- [7] G. Allaire, M. Palombaro, and J. Rauch. Diffractive geometric optics for Bloch wave packets. *Arch. Ration. Mech. Anal.*, 202(2):373–426, 2011.
- [8] G. Allaire, M. Palombaro, and J. Rauch. A bound on the group velocity for Bloch wave packets. *Port. Math.*, 72(2–3):119–123, 2015.
- [9] N. Bakhvalov and G. Panasenko. *Homogenisation: averaging processes in periodic media*, volume 36 of *Mathematics and its Applications (Soviet Series)*. Kluwer Academic Publishers Group, Dordrecht, 1989. Mathematical problems in the mechanics of composite materials.
- [10] A. Benoit and A. Gloria. Long-time homogenization and asymptotic ballistic transport of classical waves. working paper or preprint, Nov. 2016.
- [11] A. Bensoussan, J.-L. Lions, and G. Papanicolaou. *Asymptotic analysis for periodic structures*, volume 5 of *Studies in Mathematics and its Applications*. North-Holland Publishing Co., Amsterdam-New York, 1978.
- [12] S. Brahim-Otsmane, G. A. Francfort, and F. Murat. Correctors for the homogenization of the wave and heat equations. *J. Math. Pures Appl. (9)*, 71(3):197–231, 1992.
- [13] C. I. Christov, G. A. Maugin, and M. G. Velarde. Well-posed Boussinesq paradigm with purely spatial higher-order derivatives. *Phys. Rev. E*, 54:3621–3638, 1996.
- [14] C. Conca, R. Orive, and M. Vanninathan. On Burnett coefficients in periodic media. *J. Math. Phys.*, 47(3):032902, 11, 2006.
- [15] T. Dohnal, A. Lamacz, and B. Schweizer. Bloch-wave homogenization on large time scales and dispersive effective wave equations. *Multiscale Model. Simul.*, 12(2):488–513, 2014.
- [16] T. Dohnal, A. Lamacz, and B. Schweizer. Dispersive homogenized models and coefficient formulas for waves in general periodic media. *Asymptot. Anal.*, 93(1–2):21–49, 2015.
- [17] D. A. Fafalis, S. P. Filopoulos, and G. J. Tsamasphyros. On the capability of generalized continuum theories to capture dispersion characteristics at the atomic scale. *Eur. J. Mech. A Solids*, 36:25–37, 2012.
- [18] J. Fish, W. Chen, and G. Nagai. Nonlocal dispersive model for wave propagation in heterogeneous media: multi-dimensional case. *Internat. J. Numer. Methods Engrg.*, 54(3):347–363, 2002.
- [19] J. Fish, W. Chen, and G. Nagai. Non-local dispersive model for wave propagation in heterogeneous media: one-dimensional case. *Internat. J. Numer. Methods Engrg.*, 54(3):331–346, 2002.
- [20] L. Harris, J. Lukkarinen, S. Teufel, and F. Theil. Energy transport by acoustic modes of harmonic lattices. *SIAM Journal on Mathematical Analysis*, 40(4):1392–1418, 2008.
- [21] A. Lamacz. Dispersive effective models for waves in heterogeneous media. *Math. Models Methods Appl. Sci.*, 21(9):1871–1899, 2011.
- [22] M. Lombardo and H. Askes. Elastic wave dispersion in microstructured membranes. *Proc. R. Soc. Lond. Ser. A Math. Phys. Eng. Sci.*, 466(2118):1789–1807, 2010.
- [23] R. D. Mindlin. Micro-structure in linear elasticity. *Arch. Rational Mech. Anal.*, 16:51–78, 1964.
- [24] F. Santosa and W. W. Symes. A dispersive effective medium for wave propagation in periodic composites. *SIAM J. Appl. Math.*, 51(4):984–1005, 1991.
- [25] B. Schweizer and F. Theil. Lattice dynamics on large time scales and dispersive effective equations. Preprint, 2017.



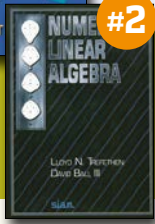
Ben Schweizer, Prof. Dr. rer. nat, holds the chair „Analysis“ at TU Dortmund. He studied mathematics in Bayreuth and Heidelberg, had research appointments in New York, Pisa, Leipzig and Magdeburg, a first professorship in Basel. His interest in the analysis of applied problems led to results for free boundary problems, porous media, elasticity and plasticity, Maxwell's equations and wave phenomena. He has the opinion that mathematics should be used to understand applied problems and that it should be developed further with this objective.

Bestsellers from SIAM

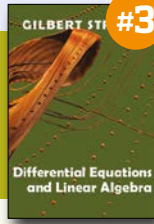
TOP SELLING TITLES FROM THE SOCIETY FOR INDUSTRIAL AND APPLIED MATHEMATICS*



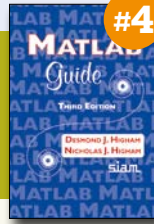
#1



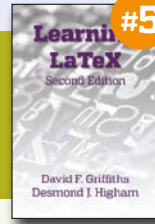
#2



#3



#4



#5

ORDER DIRECT AT
BOOKSTORE.SIAM.ORG
30% OFF LIST PRICE
FOR RUNDBRIEF READERS!

1. **Introduction to Linear Algebra, Fifth Edition**
Gilbert Strang
2016 • x + 574 pages • Hard • 978-0-9802327-7-6
List \$95.00 • Rundbrief Readers \$66.50 • WC14
(Includes sales of *Introduction to Linear Algebra, Fourth Edition*, which is now out of print)
2. **Numerical Linear Algebra**
Lloyd N. Trefethen and David Bau III
1997 • xii + 361 pages • Soft • 978-0-898713-61-9
List \$69.50 • Rundbrief Readers \$48.65 • OT50
3. **Differential Equations and Linear Algebra**
Gilbert Strang
2014 • 512 pages • Hard • 978-0980232790
List \$87.50 • Rundbrief Readers \$61.25 • WC13
4. **MATLAB Guide, Third Edition**
Desmond J. Higham and Nicholas J. Higham
2017 • xxvi + 476 pages • Hard • 978-1-611974-65-2
List \$62.00 • Rundbrief Readers \$43.40 • OT150
(Includes sales of *MATLAB Guide, Second Edition*, which is now out of print.)
5. **Learning LaTeX, Second Edition**
David F. Griffiths and Desmond J. Higham
2016 • x + 103 pages • Soft • 978-1-611974-41-6
List \$29.00 • Rundbrief Readers \$20.30 • OT148
(Includes sales of the first edition of *Learning LaTeX*, which is now out of print.)
6. **Matrix Analysis and Applied Linear Algebra**
Carl D. Meyer
2000 • xii + 718 pages • Hard • 978-0-898714-54-8
List \$110.00 • Rundbrief Readers \$77.00 • OT71
7. **Uncertainty Quantification: Theory, Implementation, and Applications**
Ralph C. Smith
2014 • xviii + 382 pages • Hard • 978-1-611973-21-1
List \$76.50 • Rundbrief Readers \$53.55 • CS12
8. **Handbook of Writing for the Mathematical Sciences, Second Edition**
Nicholas J. Higham
1998 • xvi + 302 pages • Soft • 978-0-898714-20-3
List \$64.50 • Rundbrief Readers \$45.15
Students \$27.50 • OT63
9. **Mathematical Models in Biology**
Leah Edelstein-Keshet
2005 • xliii + 586 pages • Soft • 978-0-898715-54-5
List \$66.50 • Rundbrief Readers \$46.55 • CL46
10. **A First Course in Numerical Methods**
Uri Ascher and Chen Greif
2011 • xxii + 552 pages • Soft • 978-0-89871-97-0
List \$101.00 • Rundbrief Readers \$70.70 • CS07
11. **Finite Difference Methods for Ordinary and Partial Differential Equations: Steady-State and Time-Dependent Problems**
Randall J. LeVeque
2007 • xvi + 341 pages • Soft • 978-0-898716-29-0
List \$72.00 • Rundbrief Readers \$50.40 • OT98
12. **Approximation Theory and Approximation Practice**
Lloyd N. Trefethen
2012 • viii + 305 pages • Soft • 978-1-611972-39-9
List \$53.50 • Rundbrief Readers \$37.45 • OT128
13. **Insight Through Computing: A MATLAB Introduction to Computational Science and Engineering**
Charles F. Van Loan and K.-Y. Daisy Fan
2009 • xviii + 434 pages • Soft • 978-0-898716-91-7
List \$65.50 • Rundbrief Readers \$45.85 • OT117
14. **Computational Science and Engineering**
Gilbert Strang
2007 • xii + 713 pages • Hard • 978-0-961408-81-7
List \$90.00 • Rundbrief Readers \$63.00 • WC07
15. **Game Theory with Engineering Applications**
Dario Bauso
2016 • xxiv + 292 pages • Soft • 978-1-611974-27-0
List \$82.50 • Rundbrief Readers \$57.75 • DC30
16. **Dynamic Mode Decomposition: Data-Driven Modeling of Complex Systems**
J. Nathan Kutz, Steven L. Brunton, Bingni W. Brunton, and Joshua L. Proctor
2016 • xvi + 234 pages • Soft • 978-1-611974-49-2
List \$69.00 • Rundbrief Readers \$48.30 • OT149
17. **Phylogeny: Discrete and Random Processes in Evolution**
Mike Steel
2016 • xvi + 293 pages • Soft • 978-1-611974-47-8
List \$64.00 • SIAM/CBMS Members \$44.80 • CB89
18. **Introduction to Nonlinear Optimization: Theory, Algorithms, and Applications with MATLAB**
Amir Beck
2014 • xii + 282 pages • Soft • 978-1-611973-64-8
List \$92.00 • Rundbrief Readers \$64.40 • MO19
19. **Mathematics and Climate**
Hans Kaper and Hans Engler
2013 • xx + 295 pages • Soft • 978-1-611972-60-3
List \$61.50 • Rundbrief Readers \$43.05 • OT131
20. **Ordinary Differential Equations and Linear Algebra: A Systems Approach**
Todd Kapitula
2015 • xii + 300 pages • Soft • 978-1-611974-08-9
List \$79.00 • Rundbrief Readers \$55.30 • OT145
21. **Vehicle Routing: Problems, Methods, and Applications, Second Edition**
Paolo Toth and Daniele Vigo
2015 • xviii + 463 pages • Soft • 978-1-611973-58-7
List \$119.00 • SIAM/MOS Members \$83.30 • MO18
22. **Linear and Nonlinear Optimization, Second Edition**
Igor Griva, Stephen G. Nash, and Ariela Sofer
2008 • xxii + 742 pages • Hard • 978-0-898716-61-0
List \$108.00 • Rundbrief Readers \$75.60 • OT108
23. **Lectures on BSDEs, Stochastic Control, and Stochastic Differential Games with Financial Applications**
René Carmona
2016 • x + 265 pages • Soft • 978-1-611974-23-2
List \$84.00 • Rundbrief Readers \$58.80 • FM01
- T24. **Inverse Scattering Theory and Transmission Eigenvalues**
Fioralba Cakoni, David Colton, and Housseem Haddar
2016 • x + 193 pages • Soft • 978-1-611974-45-4
List \$59.00 • SIAM/CBMS Members \$41.30 • CB88
- T24. **Applied Numerical Linear Algebra**
James W. Demmel
1997 • xii + 419 pages • Soft • 978-0-898713-89-3
List \$85.00 • Rundbrief Readers \$59.50 • OT56

*SIAM's bestselling titles for the 12 months ended April 30, 2017. Sales are from all sources, including SIAM, online retailers, and SIAM's distribution partners.

ALL PRICES ARE IN US DOLLARS.

To purchase SIAM books, contact SIAM Customer Service: phone +1-215-382-9800 / fax +1-215-386-7999 / 3600 Market Street, 6th Floor, Philadelphia, PA 19104-2688. Customers outside North America can order through the Eurospan Group at Eurospanbookstore.com/siam. For general information, go to www.siam.org.

GEHIRNMECHANIK?

VON JOHANNES WEICKENMEIER, ALAIN GORIELY, ELLEN KUHL

Das menschliche Gehirn ist zweifelsohne eines der faszinierendsten Organe unseres Körpers. In den vergangenen drei Jahrzehnten haben uns Mathematik und Mechanik neue Einblicke in die Funktion nahezu aller unserer Organe verschafft, mit Ausnahme des Gehirns. Das ist nicht verwunderlich, denn das Gehirn ist aus gutem Grund perfekt mechanisch von der Außenwelt isoliert. Umhüllt von den Hirnhäuten schwimmt es frei in der Hirnflüssigkeit, eingebettet in der Schädelhöhle. In der Hirnforschung stellte das Schädel-Hirn-Trauma, die Verletzung des Gehirns durch externe Krafteinwirkung, für lange Zeit die einzig wirklich relevante Anwendung für Mathematik und Mechanik dar. Interessanterweise scheint sich diese Meinung nun zu ändern und die Mechanik beginnt eine zentrale Funktion in der modernen Hirnforschung einzunehmen [5]. Während Anwendungen auf gewöhnlichen Zeit- oder Längenskalen nach wie vor relativ selten sind, ergeben sich zunehmend mehr Anwendungen im Bereich extrem kurzer und extrem langer Zeit- und Längenskalen und dementsprechend auch im Bereich der Multiskalenmodellierung [6]. Es wird zunehmend deutlich, dass die klassischen mechanischen Konzepte, wie Deformation, Dehnung, Verzerrung, Druck, Spannung, und Steifigkeit, entscheidend zu unserem Verständnis von Form und Funktion des menschlichen Gehirns beitragen können. Dies eröffnet zahlreiche neue Anwendungsgebiete und Forschungsmöglichkeiten für die Mathematik und Mechanik, experimentell, theoretisch, und numerisch.

Das Gehirn in der Festkörpermechanik

Das menschliche Gehirn ist ein poröser, flüssigkeitsgesättigter, quasi-inkompressibler, nichtlinearer Festkörper [5]. Seine biomechanische Charakterisierung stellt wegen seiner vielphasigen Natur, seiner Zeitabhängigkeit und seines extrem weichen Materialverhaltens eine anspruchsvolle Aufgabe dar. Die Rheologie von ultraweichen Materialien ist darüber hinaus äußerst sensitiv bezüglich regionaler und zeitlicher Variationen und bezüglich der Belastungsart [2]. Während das Materialverhalten des menschlichen Hirngewebes unter Zug, Druck und Schub mittlerweile relativ gut verstanden ist, sind viele Fragen bezüglich physiologischer, kombinierter Belastungszustände weiterhin ungeklärt. Ex vivo Versuche an Gehirnproben haben gezeigt, dass sich das reversible Materialverhalten des Gehirns hinreichend genau mittels eines hyperelastischen Materialmodells beschreiben lässt [3]. Die beliebtesten Modelle dieser Kategorie sind das neo-Hooke Modell, das Mooney-Rivlin Modell, das Demiray Modell, das Gent Modell, und das Ogden Modell. Triaxialversuche an menschlichem Hirngewebe haben bestätigt, dass das in den

Hauptdehnungen λ formulierte Ogden Modell mit freier Energiefunktion, $\psi = 2\mu[\lambda_1^\alpha + \lambda_2^\alpha + \lambda_3^\alpha]/\alpha^2$, am besten geeignet ist, um das hyperelastische Verhalten unter kombiniertem Schub, Druck und Zug abzubilden. Mit einem Schubmodul von $\mu = 0,4\text{--}1,4$ kPa und einem negativen Nichtlinearitätsparameter von $\alpha = -20$ erfasst das Ogden Modell die charakteristische Zug-Druck-Asymmetrie und die Zunahme der Schubspannung bei überlagertem Druck, jedoch nicht unter Zug. Die Kombination aus zyklischen Messungen und Relaxationsversuchen unter Schub, Druck und Zug zeigt weiterhin, dass dieses Materialverhalten stark zeit- und ortsabhängig ist. Auch im direkten Vergleich zahlreicher viskoelastischer Materialmodelle kann das Ogden Modell, mit nur einem viskoelastischen Parameter und einer konstanten Viskosität, die wesentlichen Merkmale des Hirngewebes sehr gut erfassen [4]. Das finite viskoelastische Ogden Modell eignet sich gerade deshalb, um die Nichtlinearität, Vorkonditionierung, Hysterese und Zug-Druck-Asymmetrie abzubilden. Mit Steifigkeiten und Zeitkonstanten von $\mu_\infty = 0,7$ kPa, $\mu = 2,0$ kPa und $\tau = 9,7$ s in der grauen Substanz und $\mu_\infty = 0,3$ kPa, $\mu = 0,9$ kPa und $\tau = 14,9$ s in der weißen Substanz kombiniert mit negativen Parametern α_∞ und α erfasst das Modell sowohl die charakteristische Vorkonditionierung, als auch die Entfestigung des Hirngewebes. Diese neuen Erkenntnisse ermöglichen es uns, die Rheologie verschiedener Hirnregionen unter gemischten Belastungsbedingungen besser zu verstehen. Finite viskoelastische Ogden Modelle für menschliches Hirngewebe lassen sich einfach in nichtlineare Finite-Element Programme integrieren. Der Erfolg dieser Finite Element Simulationen hängt entscheidend von dem zugrundeliegenden konstitutiven Modell und einer zuverlässigen Identifizierung entsprechender Materialparameter ab. Es besteht daher dringender Bedarf, das mechanische Verhalten von Hirngewebe durch konstitutive Materialmodelle korrekt abzubilden und deren Parameter durch inverse Modellierung zu bestimmen. Je besser die Rheologie des menschlichen Gehirns verstanden ist, desto präziser kann das Verhalten des Gehirns im Verlauf seiner Entwicklungsgeschichte oder im Krankheitsverlauf modelliert und vorhergesagt werden.

Das Gehirn in der Fluidmechanik

Unser Gehirn motiviert eine Vielzahl interessanter Problemstellungen, die sich mit Hilfe der Fluidmechanik erklären lassen [5]. Diese beinhalten den Fluidaustausch zwischen dem Gefäßsystem, der Zerebrospinalflüssigkeit und dem interstitiellen Fluid. Während vereinfachte Modelle mittels idealisierter Geometrien Einblicke in die grundlegenden Mechanismen geben können, wird es zu-

nehmend unumgänglich, diese Modelle in einen anatomisch realistischen Rahmen einzubetten [7]. Dies erfordert einen interdisziplinären Ansatz, der die mathematische Modellierung, mechanische Simulation und medizinische Bildgebung beinhaltet. Im einfachsten Fall lässt sich das Fluid im Gehirn durch die Navier-Stokes-Gleichungen für einphasige Newton'sche viskose Fluide beschreiben. Die Fluidgeschwindigkeit kann dann mit dem Fluidfluss durch das Hirnparenchym gekoppelt werden. Das Gehirnparenchym ist ein komplexes biologisches Gewebe, mit unterschiedlichen Zelltypen, der extrazellulären Matrix und interstitieller Flüssigkeit. Mehrphasenmodelle bieten den natürlichen Rahmen zur Untersuchung derartiger Gewebe. Typische Problemstellungen erfordern daher häufig die Kopplung der Navier-Stokes-Gleichungen der Fluidkomponenten und der Mehrphasenströmungsgleichungen des Parenchyms. Die Definition geeigneter Randbedingungen für derartige Fluid-Struktur-Wechselwirkungsprobleme stellt ein zusätzliches Problem dar. Darüber hinaus besteht eine weitere Herausforderung darin, das bereits bestehende Verständnis über das biologische Verhalten des Gehirns, wie elektrochemische Effekte zum Beispiel, in der Formulierung von Mehrphasenmodellen zu berücksichtigen. Im Gegenzug ermöglicht dies jedoch eine aussagekräftige Beschreibung des physiologischen und pathologischen Gehirnverhaltens, wie es für medizinisch relevante Applikationen bei Hirnschwellungen, Hydrocephalus und klinischen Eingriffen wie Infusionen, bereits gezeigt wurde.

Das lebende Gehirn

Rheologische Veränderungen unseres Gehirns werden zunehmend als diagnostischer Marker für verschiedene neurologische Erkrankungen erkannt. Mithilfe der Magnetresonanz-Elastographie kann die Rheologie des lebenden Gehirns wiederholbar, reproduzierbar, und nicht-invasiv in vivo charakterisiert werden [13]. Jüngste Elastographie-Studien legen nahe, dass die Hirnsteifigkeit während des normalen Alterns um ein Prozent pro Jahr abnimmt und bei Alzheimer- und Multiple Sklerose-Patienten sogar noch deutlicher abfallen kann. Die Magnetresonanz-Elastographie basiert auf drei Prinzipien: der Gewebearregung mittels Scherwellen durch einen externen Aktuator, der Bildaufnahme von in vivo Verschiebungsfeldern auf Basis einer Magnetresonanzsequenz mit bewegungscodierten Gradienten und der Erzeugung von Elastogrammen zur Visualisierung von Steifigkeitsprofilen. Parameterstudien haben ergeben, dass Anregungsfrequenzen von 40 Hz bis 90 Hz sowohl für das lebende menschliche Gehirn als auch für das tote Schweinehirn optimale Messungen ergeben. Im direkten Vergleich folgen die Speicher- und Verlustmodule für Mensch und Schwein ähnlichen Trends und nehmen mit zunehmender Anregungsfrequenz zu. Diese frequenzabhängigen Speicher- und Verlustmodule lassen sich mit Hilfe von viskoelastischen Modellen in frequenzunabhängige Parameter überführen. Beispielsweise ergeben sich so für das Zener Modell, ein viskoelastisches Maxwell Modell mit parallelem elastischen Element, eine

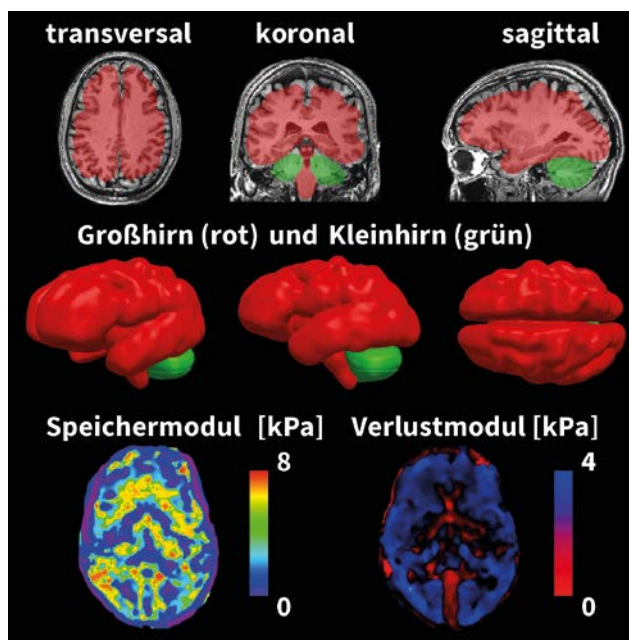


Abb. 1: Magnetresonanz-Elastographie des menschlichen Gehirns. Semiautomatische Segmentierung des Groß- und Kleinhirns in transversalen, koronalen und sagittalen Schichten des T1-gewichteten strukturellen Magnetresonanzbildes. Dreidimensionale, laterale und axiale Ansichten der volumetrischen Rekonstruktion. Speicher- und Verlustmodul eines repräsentativen Querschnitts.

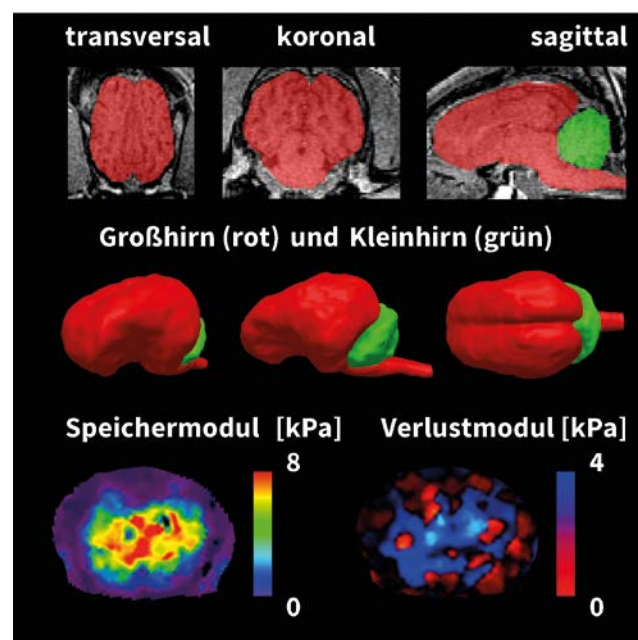


Abb. 2: Magnetresonanz-Elastographie des Schweinehirns. Semiautomatische Segmentierung des Groß- und Kleinhirns in transversalen, koronalen und sagittalen Schichten des T1-gewichteten strukturellen Magnetresonanzbildes. Dreidimensionale, laterale und axiale Ansichten der volumetrischen Rekonstruktion. Speicher- und Verlustmodul eines repräsentativen Querschnitts.

elastische Steifigkeit von $\mu_{\infty} = 1.3$ kPa, eine viskoelastische Steifigkeit von $\mu = 2.1$ kPa und eine Viskosität von $\eta = 0.025$ kPa s für das lebende menschliche Gehirn und $\mu_{\infty} = 2.0$ kPa, $\mu = 4.9$ kPa und $\eta = 0.046$ kPa s für das tote Schweinehirn. Diese Vergleichsmessungen legen nahe, dass das menschliche Gehirn, ganz im Gegensatz zu jedem anderen Organ, eine extrem dynamische Steifigkeit besitzt, die sehr empfindlich auf das metabolische Umfeld reagiert. Dies zeigt, wie wichtig es ist, das lebende Gehirn in vivo zu charakterisieren und hinterfragt die Relevanz von mechanischen ex vivo Messungen. Die präzise Bestimmung der Steifigkeit des lebenden Gehirns hat weitreichende Konsequenzen für die Diagnose von neurologischen Befunden, bei der Planung von neurochirurgischen Eingriffen und bei der Modellierung der Antwort des Gehirns auf extreme mechanische Belastungen.

Das Gehirn in der Schädigungsmechanik

Aufgrund des demografischen Wandels wird die weltweit steigende Anzahl neurodegenerativer Erkrankungen zu einem akuten gesellschaftlichen Gesundheitsrisiko. In den Entwicklungsländern sind neurodegenerative Erkrankungen bereits heute die sechsthäufigste Todesursache. Bis Mitte dieses Jahrhunderts wird sich die Zahl der Menschen mit Alzheimer, der häufigsten Form von Neurodegeneration, von 5 auf 15 Millionen verdreifachen. Trotz intensiver Forschung ist aber nach wie vor leider viel zu wenig über die molekulare Ursache von Neurodegeneration bekannt [10]. Neuere Studien legen nahe, dass Alzheimer und die Chronische Traumatische Enzephalopathie Gemeinsamkeiten auf molekularer und zellulärer Ebene aufweisen [11]. Chronische Traumatische Enzephalopathie, die Langzeitfolge von wiederholten leichten Schädel-Hirn-Verletzungen oder Gehirnerschütterungen, lässt sich derzeit nur post mortem mittels vollständiger Autopsie und immunhistochemischer Analyse nachweislich diagnostizieren. Während die klinische Diagnose schwerer traumatischer Hirnverletzungen relativ einfach ist, fehlen zuverlässige in vivo Biomarker für leichtere Verletzungen im Rahmen der Chronisch Traumatischen Enzephalopathie. Ein mechanisch motivierter Ansatz ermöglicht, die progressive Schädigung des Gehirngewebes mit Hilfe der klassischen [1-d] Schädigungsmechanik zu modellieren. Dabei kann die Evolutionsgleichung des Schädigungsparameters d bei der Modellierung von wiederholten Schädel-Hirn-Verletzungen direkt als Funktion der Belastungsgeschichte formuliert werden. Bei der Modellierung von Demenz ist der Schädigungsparameter d hingegen eine Funktion biochemischer Prozesse auf der Mikroskala. In beiden Fällen breitet sich die Schädigung im Laufe der Zeit in Form einer Diffusionsgleichung über das gesamte Gehirn aus. Mechanische Langzeitauswirkungen sind, wie in der klassischen Schädigungsmechanik, eine Reduktion der Steifigkeit, [1-d] E , sowie eine globale Abnahme des Gesamtvolumens des Gehirns. Mathematische Modellierung und numerische Simulation könnten es ermöglichen, nicht nur den Krankheitsfortschritt einzelner Patient*innen, sondern auch die Erkrankungshäufigkeit in der gesamten Bevölkerung besser einzuschätzen. Eine zentrale Frage

ist dabei die kritische Belastungsgrenze, oberhalb der die Gewebeschädigung beginnt. Im Sinne der klassischen Schädigungsmechanik entspricht dies dem Grenzwert der kritischen Dehnung λ^{crit} , vergleichbar mit der Fließspannung in der Plastizitätstheorie, oberhalb dessen Wert irreversible Schäden auftreten. Für die kritische Dehnung der weißen Substanz werden in der Literatur Richtlinien zwischen 18% und 21% angegeben. Eine verbesserte Diagnostik ist ein wichtiger Schritt, um relevante Biomarker einer Chronischen Traumatischen Enzephalopathie frühzeitig zu erkennen, Behandlungsergebnisse bei Neurodegeneration zu verbessern und Krankheitsverläufe maßgeblich zu verlangsamen.

Das Gehirn als Stabilitätsproblem

Seit mehr als einem Jahrhundert fasziniert die Oberflächenmorphologie unseres Gehirns Wissenschaftler aller Disziplinen. Jüngste Entwicklungen in der medizinischen Bildgebung zeigen, dass das Faltungsmuster unseres Gehirns nicht nur mit Intelligenz, sondern auch mit neurologischen Fehlentwicklungen korreliert. In der Vergangenheit wurde die Entwicklung unseres Gehirns als ein rein morphogenetischer Prozess angesehen, unabhängig von Kräften, Spannungen, Dehnungen oder Belastungen. Nun gibt es zunehmend Hinweise darauf, dass mechanische Faktoren, wie die Dicke und Steifigkeit der Hirnrinde, eine wichtige Rolle bei der Regulierung der Gehirnfaltung spielen [8]. Das erste mechanische Modell für die Entwicklung des Gehirns reicht fast vier Jahrzehnte zurück. Es erklärt den Faltungsprozess der Hirnrinde mit Hilfe des differentiellen Wachstums, einem Mechanismus, der wachstumsbedingte Eigenspannungen durch Oberflächenfaltung kompensiert. Während die Vorhersagen dieses Modells sehr gut mit gemessenen Spannungsverteilungen übereinstimmen, stützen sie sich auf ein unrealistisch großes Steifigkeitsverhältnis zwischen der grauen und weißen Substanz. Ein alternatives Modell erklärt die Faltung der Hirnrinde mittels axonaler Zugspannung, einem Mechanismus, der funktionell verwandte Regionen topografisch näher zusammenbringt. Während dieses zweite Modell die Faltung für beliebige Steifigkeitsverhältnisse erklären kann, widerspricht es den experimentell bestimmten Spannungsverteilungen. Um den kritischen Faltungsdruck und die kritische Wellenlänge analytisch abzuschätzen, kann die Hirnfaltung als Instabilitätsproblem einer steifen Schicht auf einem weichen Substrat interpretiert werden, das einem wachstumsinduzierten Druck ausgesetzt ist. Mittels der klassischen Föppl-von-Karman Theorie, lässt sich die Deformation durch eine nichtlineare Plattengleichung vierter Ordnung charakterisieren [5]. Mit einem sinusförmigen Ansatz für die Faltung und einem viskoelastischen Ansatz des Maxwell-Typs für die Querkraft des Substrats lässt sich dann die Wellenlänge direkt mit der Dicke, Steifigkeit und Wachstumsrate der Hirnrinde in Beziehung setzen. Jenseits der ersten Faltung kann die fortschreitende Hirnfaltung mit der Kontinuumstheorie für finites Wachstum beschrieben werden [1]. Diese Theorie besteht aus fünf Gleichungen, die die Kinematik, das kon-

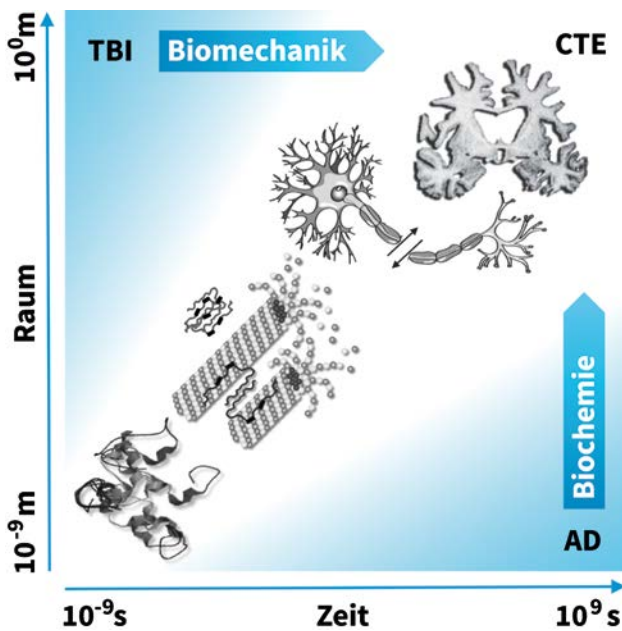


Abb. 3: Räumliches und zeitliches Spektrum der Neurodegeneration. Traumatische Hirnverletzungen, TBI, findet auf extrem kurzen Zeitskalen statt und manifestiert sich als biomechanischer Schaden auf den größeren Längenskalen. Alzheimer, AD, findet auf extrem langen Zeitskalen statt und manifestiert sich als biochemischer Schaden auf den kleineren Längenskalen. Chronische Traumatische Enzephalopathie, CTE, breitet sich allmählich über die räumlichen und zeitlichen Skalen aus und manifestiert sich durch neurofibrilläre Aggregate, Degradation des Tau-Mikrotubulus-Komplexes, diffuse axonal Schädigung und ausgeprägte Atrophie in der grauen und weißen Substanz.

stitutive Verhalten, das mechanische Gleichgewicht, die Wachstumskinetik und die Wachstumskinetik charakterisieren. Gemäß Theorie lässt sich die Kinematik durch die multiplikative Zerlegung des Deformationsgradienten in einen elastischen und einen gewachsenen Anteil beschreiben. Die Spannungen werden auf konstitutiver Ebene anhand der freien Energie bestimmt, die allein eine Funktion des elastischen Anteils des Deformationsgradienten ist. Diese Spannungen bestimmen, wie in der klassischen Mechanik, das Gleichgewicht des Gehirns. Zusätzlich zu diesen klassischen Kontinuumsgleichungen müssen die Kinematik und Kinetik des Wachstums definiert werden. Üblicherweise wird die Kinematik des Wachstums entweder als isotrop oder als anisotrop und mit ausgewiesener Mikrostrukturorientierung modelliert. In beiden Fällen kann das Wachstum in Form eines einzelnen skalarwertigen Wachstumsmultiplikators parametrisiert werden. Kinetisch erscheint es sinnvoll, das Wachstum der grauen Schicht als rein morphogenetisch und das Wachstum der weißen Substanz Wachstum als dehnungs- oder spannungs-getrieben zu modellieren. Simulationen mit diesem Modell haben sowohl den gesunden Faltungsprozess, als auch morphologische Fehlbildungen mittels mechanischer Grundlagen gut erklären können. Ein besseres Verständnis der Hirnfaltung zugrundeliegende Mechanismen, könnte direkte Auswirkungen auf die Diagnostik und möglicher-

Neurodegeneration - Schädigungsausbreitung

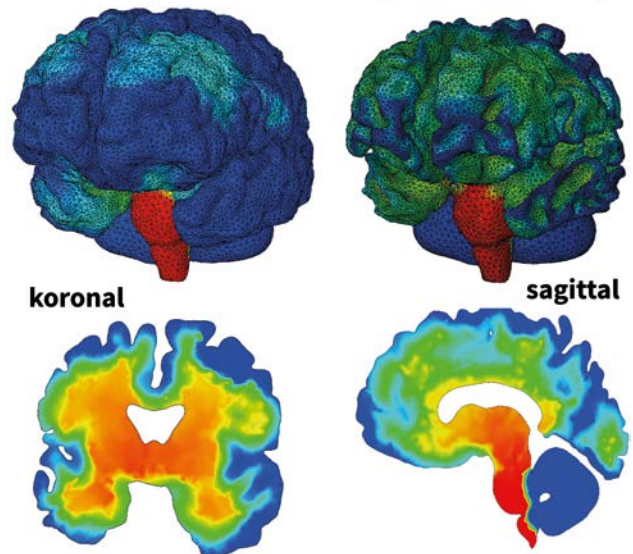


Abb. 4: Räumliches und zeitliches Spektrum der Neurodegeneration. Ausbreitung der Schädigung vom Hirnstamm über die Ventrikel zur weißen Substanz. Die Farbskala entspricht dem Zeitpunkt des Schädigungsbegins; rote Regionen sind zuerst betroffen, blaue Regionen sind noch ungeschädigt.

weise auch auf die Behandlung von mit neurologischen Fehlentwicklungen assoziierten Krankheiten wie Schizophrenie oder Autismus haben.

Das Gehirn als Gleichgewichtsproblem

Nahezu jede neurochirurgische Prozedur stellt einen Eingriff in das neurokraniale Gleichgewicht dar. Chirurgische Schnitte setzen mechanische Eigenspannungen frei und verursachen große und häufig bedrohliche Deformationen des Gehirngewebes innerhalb der Schädelhöhle. Um das Risiko neurochirurgischer Eingriffe zu reduzieren, stellen mathematische Modellierung und mechanische Simulationen ein wertvolles Instrument für die Planung, das Trainieren, und Optimieren operativer Prozesse dar [9]. Ein klassisches Beispiel mit extremen Deformationen ist die dekompressive Kraniektomie, eine hirndrucksenkende Operationsmethode zur Entlastung zerebraler Strukturen infolge eines schweren Schädel-Hirn-Traumas [12]. Die dekompressive Kraniektomie ist ein traditionelles, obgleich kontroverses chirurgisches Verfahren, bei dem ein Teil des Schädels entfernt wird, damit sich das verletzte und geschwollene Gehirn nach außen ausdehnen kann. Neuere Studien legen nahe, dass extreme mechanische Belastungen im Verlauf der Prozedur die Langzeitprognose

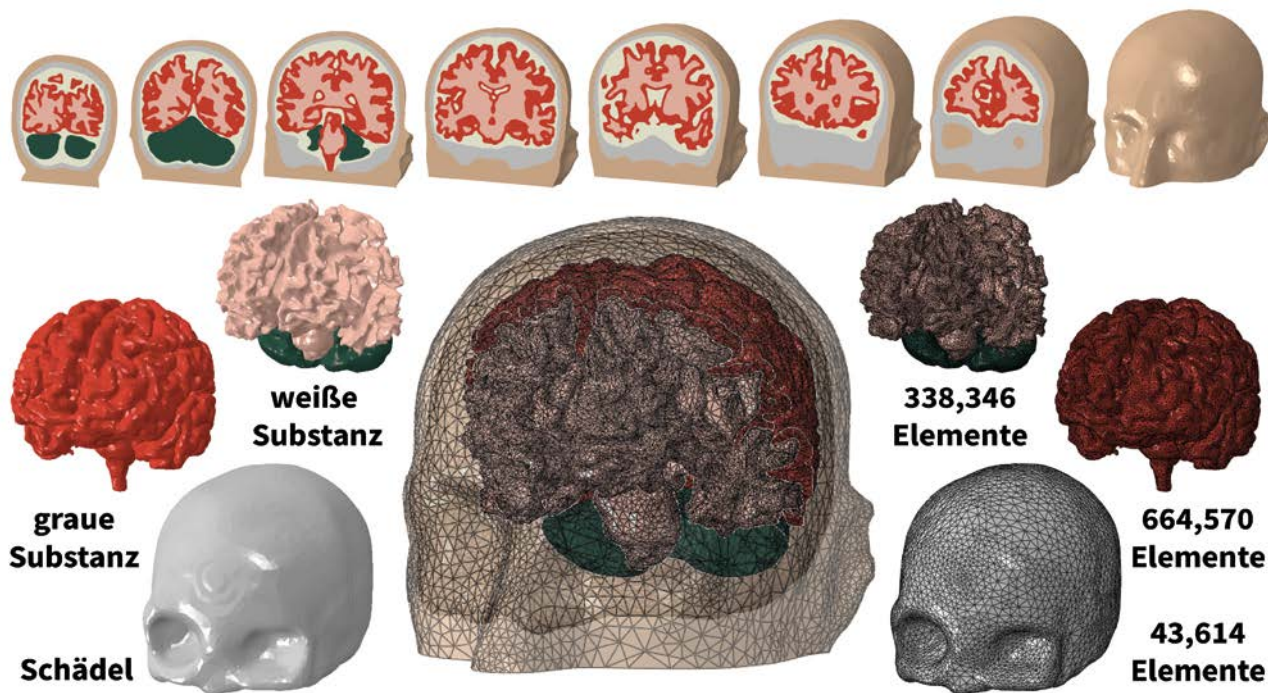


Abb. 5: Personalisiertes Finite-Elemente-Modell des Kopfes mit Schädel, Haut, grauer Substanz, weißer Substanz, Kleinhirn und Zerebrospinalflüssigkeit. Koronale Schnitte durch das gesamte Gehirnmodell. Die weiße Substanz ist mit 338,346, die graue Substanz mit 664,570, und der Schädel mit 43,614 gemischten linearen Tetraheder Elementen diskretisiert.

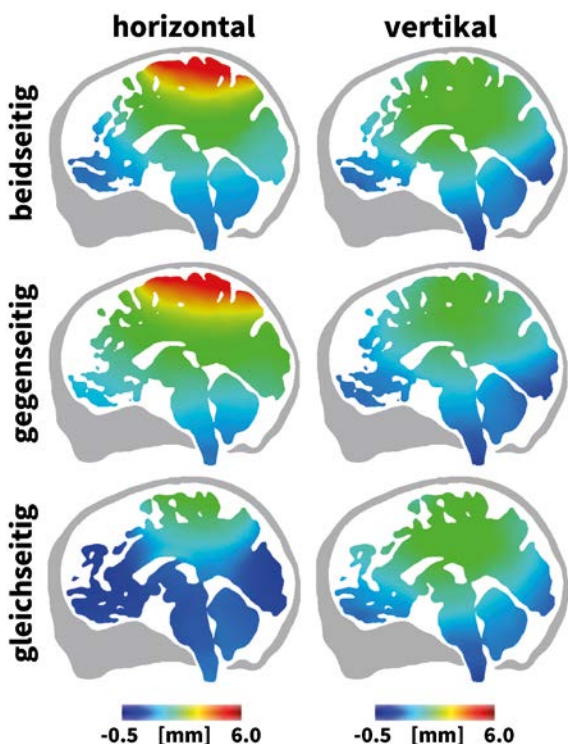


Abb. 6: Dekompressive Kraniektomie. Horizontale und vertikale Verschiebung der Mittellinie für drei verschiedene Formen der Hirnswellung, beidseitig, gegenseitig und gleichseitig bei 10% Volumenzunahme.

der Patienten verschlechtern und die Mortalitätsrate erhöhen. Zugleich ist nur wenig über die kraniektomiebedingten mechanischen Dehnungsprofile bekannt. Mathematische Modelle und computergestützte Simulationen ermöglichen es, anhand von Magnetresonanzbildern personalisierte Kraniektomie Modelle zu erzeugen, mit deren Hilfe der Dehnungsverlauf mittels Finite-Elemente-Analyse vorhergesagt werden kann [12]. Grundlage einer solchen Simulation ist die Volumenzunahme ausgewählter Hirnregionen und der damit verbundene Anstieg des Hirndrucks. Durch teilweises Entfernen des Schädels kann sich das Gehirn nach außen wölben und der Hirnüberdruck auf diese Weise innert kurzer Zeit deutlich reduziert werden. Aus den berechneten Dehnungsprofilen λ können die Regionen mit kritischer Dehnung λ^{crit} direkt bestimmt werden [7]. Simulationen des klinischen Eingriffs offenbaren drei mögliche Versagensmechanismen, axonale Dehnung in der Mitte der Knochenentnahme, axonale Kompression am Rand der Öffnung und axonale Scherung entlang der Öffnung. Auffallend ist, dass bei einer Hirnswellung von nur 10% die axonale Belastung, Kompression und Scherung jeweils lokale Maxima von bis zu 30% erreichen und die in der Literatur angegebenen funktionellen und morphologischen Grenzwerte von 18% und 21% überschreiten. Weitere Simulationen deuten darauf hin, dass eine kraniale Schädelöffnung auf der Seite der Schwellung weniger invasiv ist, als auf der gegenüberliegenden Seite. Dieses computergestützte Kraniektomie-Modell ist ein erstes Beispiel für anatomisch detaillierte Modelle, die patientenspezifische Vorhersagen von trauma-bedingten Hirndeformationen, axonale Dehnung und Scherung, sowie die Identifizierung von Regionen mit hohem

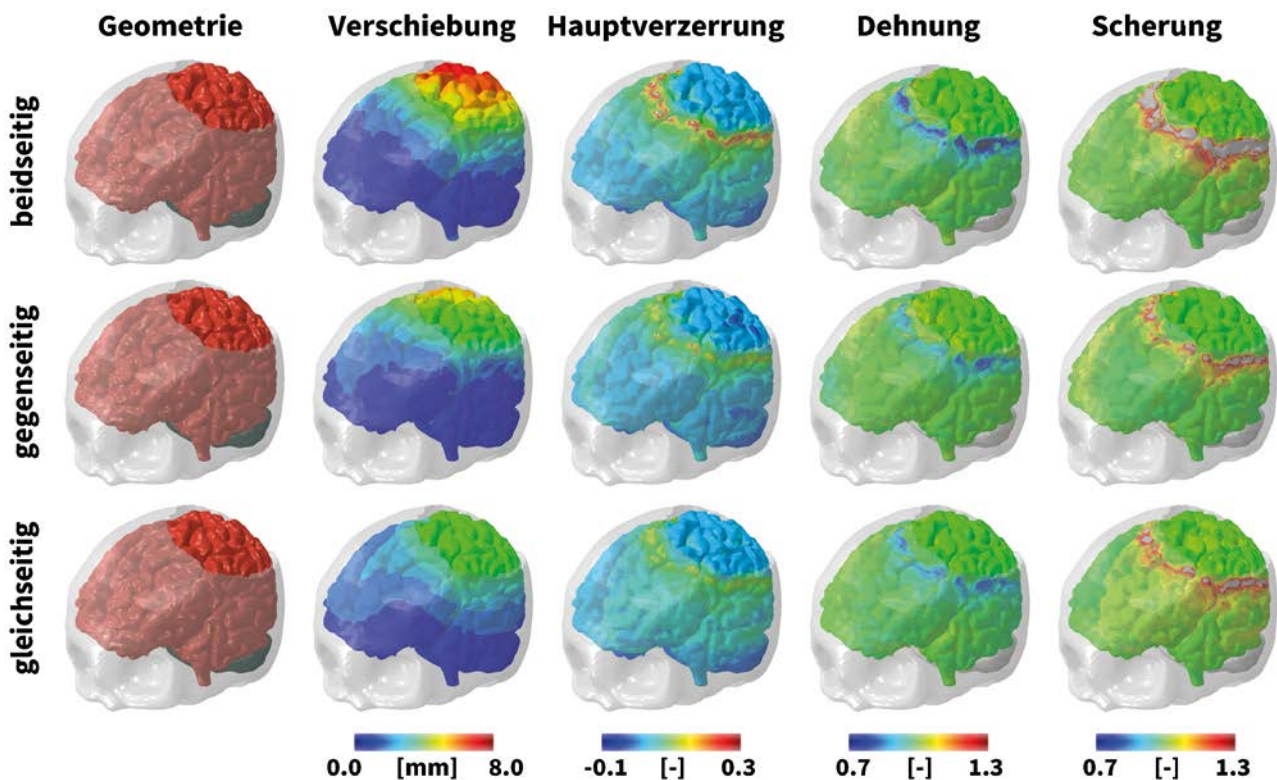


Abb. 7: Dekompressive Kraniektomie. Geometrie, Verschiebung, Hauptverzerrung, radiale und tangentielle Dehnung für drei verschiedene Formen der Hirnschwellung, beidseitig, gegenseitig und gleichseitig bei 10% Volumenzunahme.

Risiko für Hirnschäden ermöglichen werden. Während die computergestützte Modellierung in der Neurochirurgie noch jenseits der klinischen Möglichkeiten liegt, können Simulationen von neurochirurgischen Eingriffen die chirurgischen Prozessparameter wie Zeitpunkt, Ort und Größe optimieren und entscheidend dazu beitragen, verbesserte Richtlinien für neurochirurgische Interventionen zu entwickeln.

Dieser Beitrag betrachtet das menschliche Gehirn unter dem Blickwinkel der angewandten Mathematik, Festkörpermechanik, Strömungsmechanik und Experimentalmechanik, und diskutiert offene Fragen im Bereich der Neuromechanik. Diese stehen in engem Zusammenhang mit klinischen Befunden der Gehirnfaltung, Hydrozephalus, Kraniektomie, Tumorwachstum, Schädel-Hirn-Trauma, Neurodegeneration und Dementia. Der hier vorgeschlagene multidisziplinäre Zugang nutzt die mechanische Modellierung als zentrales Werkzeug zur Multiskalensimulation. Eine erfolgreiche Simulation mit diesen Modellierungsmethoden erfordert das interaktive Zusammenwirken von Mathematikern, Biologen, Physikern, Ingenieuren, Physiologen, Histologen, Neurowissenschaftlern, Neurologen, Neurochirurgen und Psychologen. Wir hoffen, dass dieser Übersichtsartikel zur aktiven Diskussion anregen wird, um mit Hilfe der Mathematik und Mechanik neue Einblicke in die komplexe Form und Funktion des menschlichen Gehirns zu ermöglichen.

Literatur

- [1] S. Budday, P. Steinmann, E. Kuhl. The role of mechanics during brain development. *J Mech Phys Solids*. 72, 75-92 (2014)
- [2] S. Budday, R. Nay, R. de Rooij, P. Steinmann, T. Wyrobek, T.C. Ovaert, E. Kuhl. Mechanical properties of gray and white matter brain tissue by indentation. *J Mech Behavior Biomed Mat*. 46, 318-330 (2015)
- [3] S. Budday, G. Sommer, C. Birkl, C. Langkammer, J. Hayback, J. Kohnert, M. Bauer, F. Paulsen, P. Steinmann, E. Kuhl, G.A. Holzapfel. Mechanical characterization of human brain tissue. *Acta Biomater*. 48, 319-340 (2017)
- [4] S. Budday, G. Sommer, J. Hayback, P. Steinmann, G.A. Holzapfel, E. Kuhl. Rheological characterization of human brain tissue. *Acta Biomater*. 60, 315-329 (2017)
- [5] A. Gorieli, M.G.D. Geers, G.A. Holzapfel, J. Jayamohan, A. Jerusalem, S. Sivaloganathan, W. Squier, J.A.W. van Dommelen, S. Waters, E. Kuhl. Mechanics of the brain: Perspectives, challenges, and opportunities. *Biomech Mod Mechanobio*. 14, 931-965 (2015)
- [6] A. Gorieli, S. Budday, E. Kuhl. Neuromechanics: from neurons to brain. *Adv Appl Mech*. 48, 79-139 (2015)
- [7] A. Gorieli, J. Weickenmeier, E. Kuhl. Stress singularities in swelling soft solids. *Phys Rev Lett*. 117, 138001 (2016)
- [8] E. Kuhl. Biophysics: Unfolding the brain. *Nature Physics*. 12, 533-534 (2016)
- [9] C.C. Ploch, C.S.S.A. Mansi, J. Jayamohan, E. Kuhl. Using 3D printing to create personalized brain models for neurosurgical training and preoperative planning. *World Neurosurg*. 90, 668-674 (2016)
- [10] R. de Rooij, K.E. Miller, E. Kuhl. Modeling molecular mechanisms in the axon. *Comp Mech*. 59, 523-537 (2017)
- [11] H. van den Bedem, E. Kuhl. Molecular mechanisms of chronic traumatic encephalopathy. *Curr Opinion Biomed Eng*. 1, 23-30 (2017)

[12] J. Weickenmeier, C.A.M. Butler, P.G. Young, A. Goriely, E. Kuhl. The mechanics of decompressive craniectomy: Personalized simulations. *Comp Meth Appl Mech Eng.* 314, 180-195 (2017)

[13] J. Weickenmeier, M. Kurt, E. Ozkaya, M. Wintermark, K. Butts Pauly, E. Kuhl. Magnetic resonance elastography of the brain: A comparison between pigs and humans. *J Mech Beh Biomed Mat.* 77, 702-710 (2018)



Johannes Weickenmeier ist Assistenzprofessor am Stevens Institute of Technology in Hoboken in New Jersey. Nach Abschluss seines Doktorats an der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich in 2015, arbeitete Dr. Weickenmeier als Postdoc in der Gruppe von Ellen Kuhl an der Stanford University. Seine Forschungsarbeiten umfassen die experimentelle und computergestützte Charakterisierung weicher Gewebe, mit einem spezifischen Interesse für die Haut und das Gehirn. Seine derzeitige Arbeit konzentriert sich auf unser grundlegendes Verständnis der mechanobiologischen Eigenschaften und Mechanismen im gesunden und alternden Gehirn, sowie gekoppelter Mehr-Feld-Formulierungen für die Ausbreitung neurodegenerativer Krankheiten wie Alzheimer und der Chronischen Traumatischen Enzephalopathie.



Alain Goriely wurde 1994 im Bereich der Mathematischen Physik an der Universität Brüssel promoviert und erhielt kurz darauf eine Assistenzprofessur an der Fakultät für Mathematik der Universität von Arizona. Seit 2010 ist er Professor für Mathematische Modellierung an der Universität Oxford. Dort ist er Direktor des Oxford Centre for Industrial and Applied Mathematics sowie des International Brain Mechanics and Trauma Labs. Dr. Goriely ist ein angewandter Mathematiker mit vielseitigen Interessen in der Mathematik, Wissenschaft und Technik. Seine aktuelle Forschung umfasst die Mechanik des biologischen Wachstums mit besonderem Fokus auf das menschliche Gehirn. Er ist Autor des Springer Textbuchs *The Mathematics and Mechanics of Biological Growth*.



Ellen Kuhl ist Professorin an der Stanford University in California, wo sie seit 2007 im Fachbereich Mechanik tätig ist. Sie promovierte 2000 an der Universität Stuttgart und habilitierte sich 2004 im Bereich der Mechanik an der Universität Kaiserslautern. Ihr Forschungsschwerpunkt ist die Physik lebender Systeme und die damit verbundene mathematische Modellierung und computergestützte Simulation. Dr. Kuhl ist Gründungsmitglied des Living Heart Projects. Ihre Arbeiten wurden 2002 durch ein DFG Habilitationsstipendium, 2010 durch den NSF Career Award und 2016 durch den Alexander von Humboldt Forschungspreis ausgezeichnet.

Dr. Elisabeth Ullmann studierte Angewandte Mathematik an der TU Bergakademie Freiberg. Im Jahre 2008 promovierte sie dort in Mathematik und war anschließend Postdoktorandin im DFG-Schwerpunktprogramm „Extraktion quantifizierbarer Informationen aus komplexen Systemen“. 2009 absolvierte sie einen Forschungsaufenthalt an der University of Maryland, College Park. Von 2011 bis 2014 war sie als Postdoktorandin an der University of Bath in England und danach an der Universität Hamburg tätig. Im Juli 2015 wurde sie als Assistant Professor für Wissenschaftliches Rechnen an die TU München berufen. Ihr Arbeitsgebiet ist die Unsicherheitsquantifizierung (UQ) bei der numerischen Simulation von Prozessen in den Ingenieur- und Naturwissenschaften. Sie erforscht dabei mathematische und algorithmische Aspekte.

In vielen modernen Lebensbereichen gibt es Prozesse, die durch fehlerbehaftete oder unzugängliche, nicht genau bekannte Daten und Modelle abgebildet werden. Beispiele sind Finanzmärkte, die Wettervorhersage, Klimaforschung, Prozesse unter der Erdoberfläche (Grundwasser, Öl), Belastungsstudien bei hochkomplexen Bauwerken oder die Chemotherapie bei Krebserkrankungen. Die Computersimulation dieser Prozesse erfordert Eingangsdaten, welche oftmals mit erheblichen Unsicherheiten behaftet sind. UQ behandelt die Auswirkungen von Daten- und Modellunsicherheiten auf Simulationsergebnisse.

Die mathematische Modellierung der betrachteten Prozesse erfolgt durch partielle Differentialgleichungen (PDEs) mit zufälligen Koeffizienten. Diese Gleichungen koppeln komplexe physikalische Prozesse mit einem stochastischen Parameterraum. Aufwendige, hochauflösende Diskretisierungen erhalten eine zusätzliche „Dimension“ in Form von parametrisierten Koeffizienten, Randbedingungen oder Geometrien. Eine andere Schwierigkeit besteht darin, dass oftmals ein hochdimensionaler Parameterraum erforderlich ist; dieses Problem ist als „Fluch der Dimension“ bekannt. Simulationen mit unsicheren Daten sind immer sehr rechenintensiv. Grund hierfür ist, dass wir nicht einfach Zufallszahlen generieren wollen. Wir erzeugen Approximationen von zufälligen Funktionen, die gewissen physikalischen Gesetzen gehorchen (PDE). Jede einzelne Stichprobe dieser zufälligen Funktionen ist teuer, weil dafür eine diskretisierte PDE gelöst werden muss. Letztendlich ist dies aber nur ein Baustein innerhalb realistischer Simulationsschleifen, welche oftmals Parameteridentifikation (z.B. Bayes'sche Inversion) oder Designoptimierung ausführen.

Falls die zufälligen Koeffizienten mit einem niedrigdimensionalen Parameterraum beschrieben werden können, ist es vom Rechenaufwand her vertretbar, sogenannte Stochastische Galerkin-Verfahren einzusetzen. Dabei kombiniert man Finite-Element-Diskretisierungen mit einer Reihenentwicklung der zufälligen Koeffizienten. Bereits während ihrer Doktorarbeit erforschte Elisabeth Ullmann die Struktur

der Galerkingleichungen [6] und entwickelte effiziente Vorkonditionierer für deren iterative Lösung [7, 8]. Ein klassisches Modellproblem dabei ist eine Diffusionsgleichung

mit lognormalen Koeffizienten. Die Standard-Diskretisierung mit stochastischen Finiten Elementen liefert eine Galerkin-Matrix, die nicht dünn besetzt ist. In [5] wurde deshalb eine alternative Problemformulierung als Konvektions-Diffusions-Problem mit einer zufälligen konvektiven Geschwindigkeit betrachtet. Dieses (nicht konvektions-dominierte) Problem ergibt eine dünnbesetzte Galerkin-Matrix, allerdings erkauft durch die Nichtsymmetrie. Dadurch wird die Konstruktion von Vorkonditionierern schwieriger, aber auch interessanter. Seit ihrem Postdoc-Aufenthalt an der University of Bath beschäftigt sich Elisabeth Ullmann ausserdem mit Monte-Carlo-basierten Schätzern für PDEs mit zufälligen Koeffizienten. Viele statistische Kenngrößen lassen sich als Integral (Erwartungswert) über dem stochastischen Parameterraum

ausdrücken und durch Quadratur approximieren. Die Quadraturknoten sind entweder zufällig verteilt (Monte Carlo) oder deterministisch (stochastische Kollokation, Quasi-Monte-Carlo). Monte-Carlo-basierte Schätzer erfordern keine Glattheit des Integranden, konvergieren aber extrem langsam. Durch Varianzreduktion kann man Monte-Carlo-Simulationen oftmals beschleunigen. Für PDEs mit zufälligen Koeffizienten kombiniert man dazu mehrere Schätzer auf einer Hierarchie von Finite-Element-Gittern. Diese sogenannte Multilevel-Monte-Carlo-Methode wurde ursprünglich bei Problemen aus der Finanzmathematik eingesetzt und ist inzwischen ein sehr populäres Werkzeug für UQ. Elisabeth Ullmann erforscht momentan verschiedene Anwendungsbereiche für Multilevel-Schätzer: Zuverlässigkeit und Seltene Ereignisse [3], Optimalsteuerung mit PDE-Nebenbedingungen [2] und Parameterschätzung mit Bayes'scher Inversion [1].

Bei Belastungstests von Tragwerken oder Bauteilen in den Ingenieurwissenschaften ist man oftmals daran interessiert, die Versagenswahrscheinlichkeit des Bauteils abzuschätzen. Versagen tritt allerdings nur sehr selten auf und macht

STECKBRIEF



eine Schätzung mit Monte Carlo extrem teuer, weil die Anzahl der benötigten Simulationsläufe umgekehrt proportional zur Versagenswahrscheinlichkeit ist. In den Ingenieurwissenschaften wird deshalb eine verbesserte Monte-Carlo-Methode eingesetzt, die sogenannte „Subset Simulation“. Die (sehr kleine) Versagenswahrscheinlichkeit berechnet man als Produkt von größeren (und damit billiger zu schätzenden) Teilwahrscheinlichkeiten. In [3] haben wir eine Multilevel-Version der Subset Simulation auf einer Gitterhierarchie entwickelt.

Die optimale Steuerung von physikalischen Prozessen ist ein Dauerthema in der Angewandten Mathematik. Verschiedene Kostenfunktionale sollen minimiert werden; diese modellieren oftmals den „Abstand“ zu einem gewünschten Zustand, der mit geringstmöglichen Kosten („Energieverbrauch“) erreicht werden soll. Bei vielen physikalischen Prozessen müssen natürlicherweise PDEs als Nebenbedingungen erfüllt werden, z.B. beim energiesparsamen Erwärmen vom Mittagessen in der Mikrowelle die Wärmeleitungsgleichung! Ungewisse Materialparameter können

auch hier als zufällige Funktionen modelliert werden, was auf zufällige Nebenbedingungen führt. In [2] haben wir einen Multilevel-Schätzer für stochastische optimale Steuerungen untersucht. Die Nebenbedingung ist dabei eine Diffusionsgleichung mit lognormalen Koeffizienten.

Jüngstes Forschungsthema von Elisabeth Ullmann ist die Identifizierung von zufälligen Materialparametern oder Koeffizienten in einer PDE anhand von Messdaten. Wir lösen dazu ein sogenanntes Bayes'sches Inverses Problem, welches unter relativ schwachen Voraussetzungen eine eindeutige Lösung besitzt, die stetig von den Messdaten abhängt. „Lösung“ heisst hier die Verteilung der zufälligen Koeffizientenfunktionen. Dabei wird eine Prior-Verteilung, welche den aktuellen Wissensstand abbildet, mit Hilfe von Messdaten aufdatiert. In [1] schlagen wir einen neuen Multilevel-Schätzer für diese Aufgabe vor. Dabei wird ein Sequentielles Monte-Carlo-Verfahren mit der Finite-Element-Gitterhierarchie kombiniert, um die Gesamtkosten der Simulation zu verringern.

Literatur

- [1] J. Latz, I. Papaioannou und E. Ullmann, Multilevel Sequential Monte Carlo for Bayesian Inverse Problems, arXiv:1709.09763, 2017.
- [2] A. Ahmad Ali, E. Ullmann und M. Hinze, Multilevel Monte Carlo analysis for optimal control of elliptic PDEs with random coefficients, SIAM/ASA J. Uncert. Quantif. 5:466-492, 2017.
- [3] E. Ullmann und I. Papaioannou, Multilevel estimation of rare events, SIAM/ASA J. Uncert. Quantif. 3:922-953, 2015.
- [4] I.G. Graham, R. Scheichl und E. Ullmann, Mixed finite element analysis of lognormal diffusion and multilevel Monte Carlo methods, Stochastics and Partial Differential Equations: Analysis and Computations 4:41-75, 2016.
- [5] E. Ullmann, H.C. Elman und O.G. Ernst, Efficient iterative solvers for stochastic Galerkin discretizations of log-transformed random diffusion problems, SIAM J. Sci. Comput. 34:A659-A682, 2012.
- [6] O.G. Ernst und E. Ullmann, Stochastic Galerkin matrices, SIAM J. Matrix Anal. Appl. 31:1848-1872, 2010.
- [7] E. Ullmann, A Kronecker product preconditioner for stochastic Galerkin finite element discretizations, SIAM J. Sci. Comput. 32:923-946, 2010.
- [8] O.G. Ernst, C.E. Powell, D.J. Silvester und E. Ullmann, Efficient solvers for a linear stochastic Galerkin mixed formulation of diffusion problems with random data. SIAM J. Sci. Comput. 31:1424-1447, 2009.

Kontakt:

Prof. Elisabeth Ullmann

Lehrstuhl für Numerische Mathematik

TU München

Boltzmannstr. 3

85748 Garching

elisabeth.ullmann@ma.tum.de

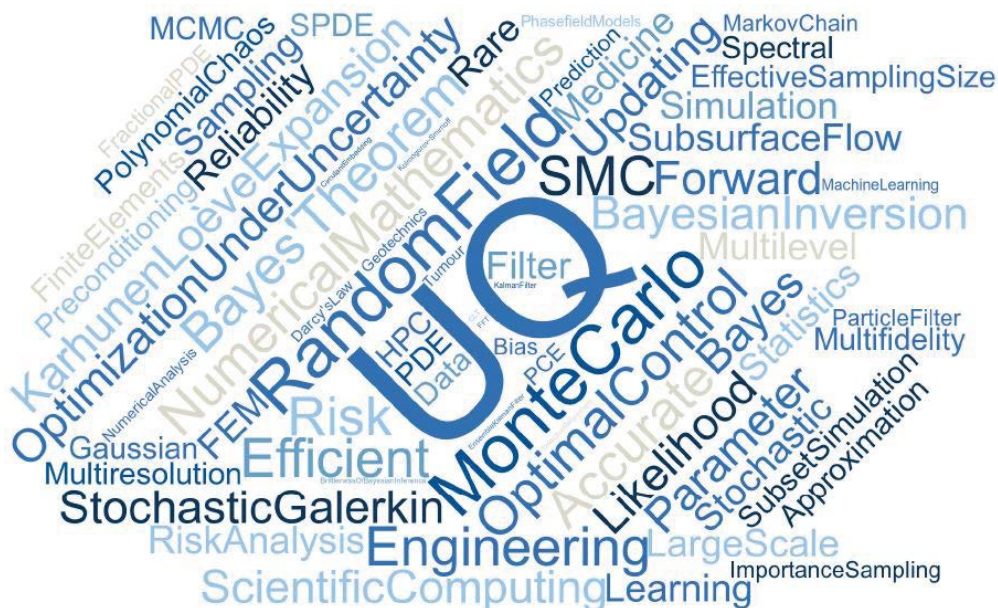


Abb. 1: Wortwolke zum Thema Uncertainty Quantification.

Jun.-Prof. Dr.-Ing. Daniel Juhre studierte an der Ruhr-Universität Bochum (RUB) Bauingenieurwesen. Sein Studium schloss er im Frühjahr 2003 als Diplom-Ingenieur mit der Vertiefungsrichtung „Mechanik“ ab. Seine Diplomarbeit fertigte er an der Universität Polyècnica de Catalunya (UPC) in Barcelona an. Zurück in Deutschland arbeitete Daniel Juhre als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Mechanik der RUB. Im Rahmen des Sonderforschungsbereichs 459 „Formgedächtnistechnik“ befasste er sich mit der thermomechanischen Modellierung von Formgedächtnislegierungen. 2008 schloss er seine Promotion mit Auszeichnung ab. Im Anschluss wechselte Daniel Juhre an das Deutsche Institut für Kautschuktechnologie e.V. (DIK) und leitete fortan die Abteilung „Simulationsverfahren und Kontinuumsmechanik“. Zum Wintersemester 2013 nahm er zudem den Ruf auf die Juniorprofessur „Numerische Materialmodellierung“ am Institut für Mechanik der Otto-von-Guericke-Universität (OVGU) in Magdeburg an. Seit Anfang 2017 ist er geschäftsführender Herausgeber der Fachzeitschrift „Technische Mechanik“.

Während meines Studiums entwickelte ich unbeirrt meine Vorliebe für mechanische Fragestellungen. Waren es zu Beginn noch die bescheidenen Ziele, die zukünftig größte Brücke der Welt zu konstruieren, nervte ich im weiteren Verlauf des Studiums einige Übungsleiter mit Fragen nach den Ursprüngen von Näherungswerten in den einschlägigen Ingenieursfibeln und der Sinnhaftigkeit von manchen normierten Prüfmethode. Meistens waren die Antworten für mich eher unbefriedigend, so dass ich mich immer mehr der rationalen Mechanik verschrieben habe. Natürlich spielte hierbei auch der sehr offene Umgang mit den damaligen Fachdozent*innen und der hervorragende Betreuungsschlüssel - wir waren nur zwei Studenten in der Vertiefung Mechanik - eine wesentliche Rolle. Kurz vor Ende des Studiums hatte ich Sehnsucht nach einer kleinen Auszeit, die ich als Erasmus-Student in Barcelona in vollen Zügen genießen wollte. Allerdings konnte oder wollte ich diese Absicht während eines Beratungsgesprächs mit dem verantwortlichen Professor nicht offen preisgeben, sodass ich nach unserem Gespräch den Joker gezogen hatte und mit dem Auftrag im Koffer, meine Diplomarbeit an der UPC zu schreiben, nach Barcelona reiste. Aus meiner Auszeit ist demnach nur bedingt etwas geworden, denn nach kurzer Akklimatisierung begann ich mit meiner Arbeit, die leider nur zeitweise von einem etwas cholerischen Italiener und einem einsilbigen Katalanen betreut wurde. Einen wesentlichen Einfluss auf meine weitere Zukunft hatte in dieser Zeit der rege Kontakt mit Stefanie Reese, die mich bei meiner Arbeit sehr unterstützte.

Aufgrund dieser positiven Erfahrung habe ich mich nach der Diplomarbeit auch gegen das verführerische Angebot, an der UPC zu promovieren, entschieden und bin stattdessen nach Bochum zurückgekehrt, um mich der Gruppe von Stefanie Reese anzuschließen. Im Rahmen des SFBs 459 habe ich mich fortan mit der thermomechanischen Modellierung von Formgedächtnislegierungen (FGL) beschäftigt. Im Rahmen dieses überaus interdisziplinären

SFBs haben sich einige spannende und erfolgreiche Forschungskooperationen ergeben [1,2]. Das Vertrauen meiner Doktormutter in meine Arbeit war von Beginn an durch viel Optimismus geprägt, so dass ich nach knapp drei Monaten auf meiner ersten internationalen Konferenz mein Forschungsthema vorstellen durfte - ein überaus einprägsames und lehrreiches Erlebnis.

STECKBRIEF



Stefanie Reese bekam zum Herbst 2015 den Ruf an die TU Braunschweig. Ich folgte ihr in die Löwenstadt und führte dort meine Forschung erfolgreich weiter [3,4]. Für eine meiner Veröffentlichungen, in der ich das thermomechanisch gekoppelte Modell auf finite Deformationen erweitert habe, erhielt ich eine Auszeichnung der American Society of Mechanical Engineering (ASME) [5]. Ironie des Schicksals, dass ausgerechnet diese Veröffentlichung durch einen Gutachter so vehement angefochten wurde, dass sie von der ersten Zeitschrift abgelehnt wurde. Dieses Erlebnis zeigte mir deutlich, dass ähnlich zu den Tensoren auch die Meinungen von

Expert*innen nicht immer objektiv sein können.

Nach meiner Promotion begann ich als Mitarbeiter am Deutschen Institut für Kautschuktechnologie e.V. (DIK) in Hannover. Ich übernahm die Leitung der Abteilung „Simulationsverfahren und Kontinuumsmechanik“ und konnte mich von nun an gänzlich den finiten Deformationen widmen. Der Großteil der knapp 80 Kolleg*innen waren in der Chemie, Physik und Verfahrenstechnik zuhause. Mit ihnen war eine sehr intensive und interdisziplinäre Forschungsarbeit, sowohl in Kooperation mit Industriepartnern als auch in der Grundlagenforschung, möglich [6-8]. Während der Zeit am DIK bekam ich die Gelegenheit, als Dozent für „Kontinuumsmechanik“ an der TU Braunschweig einzuspringen. Die sehr positiven Momente mit den Studierenden bestärkten mich in dem Wunsch, doch wieder in die universitäre Landschaft zurückzukehren. Glücklicherweise ergab sich alsbald mit dem Ruf auf die Juniorprofessur „Numerische Materialmodellierung“ am Institut für Me-

chanik der OVGU in Magdeburg die Gelegenheit dazu. Die Juniorprofessur wurde mit einer Tenure-Track-Option versehen, da hierdurch die zeitgleiche Vakanz des Lehrstuhls „Numerische Mechanik“ langfristig aufgefangen werden sollte.

Während der folgenden drei Jahre verband ich die Abteilungsleitung am DIK mit der Juniorprofessur. Da ich von Beginn an wesentliche Vorlesungen - u.a. den Grundkurs „Technische Mechanik“ - übernehmen durfte, kamen mit deren Vorbereitung, der Betreuung der laufenden DIK-Projekte, der Akquise neuer Projekte an beiden Standorten und dem Privatleben mit einer wachsenden Familie und einer zunehmend entnervten, aber weiterhin blendend aussehenden Frau, einige logistische Herausforderungen auf mich zu. Durch die Juniorprofessur war es mir nun möglich, Forschungsschwerpunkte neu zu entdecken und wieder aufleben zu lassen. So ergaben sich bis heute Arbeiten im Bereich der Phasenfeld-Modellierung für Rissausbreitungen, zur Phasenmorphologie von ternären Metalllegierungen und Polymerblends [11], sowie der Isogeometrischen Analyse in der Gradientenelastizität [12] und der Medizintechnik. Nach der positiven Zwischenevaluation habe ich mich ausschließlich für die Weiterführung meiner Juniorprofessur entschieden und konnte die Abteilungsleitung am DIK an meinen ehemaligen Post-Doc und damit in gute Hände übergeben. Anfang 2017 habe ich bereitwillig die Editorenschaft für die Open-Access-Fachzeitschrift „Technische Mechanik“ übernommen.

Bis zum heutigen Zeitpunkt bereue ich keine meiner, wenn auch nicht immer einfachen, Entscheidungen, die mich stets auf dem Weg der Mechanik begleitet haben und ich freue mich auf noch viele weitere spannungsreiche Jahre.

Literatur

- [1] D. Christ, S. Reese, K. Neuking, A new finite element technology for shape memory alloy composites, *Materials Science and Engineering Technology* 35 (2004), 300-306

- [2] L. Krone, J. Mentz, M. Bram, H.P. Buchkremer, D. Stöver, M. Wagner, G. Eggeler, D. Christ, S. Reese, D. Bogdanski, M. Köller, S.A. Esenwein, G. Muhr, O. Prymak, M. Epple, The potential of powder metallurgy for the fabrication of biomaterials on the basis of nickel-titanium: a case study with a staple showing shape memory behaviour, *Advanced Engineering Materials* 7 (2005), 613-619
- [3] S. Reese, D. Christ, Finite deformation pseudo-elasticity of shape memory alloys - constitutive modelling and finite element implementation, *International Journal of Plasticity* 24 (2008), 455-482
- [4] S. Reese, M. Böl, D. Christ, Finite element-based multiphase modelling of shape memory polymer stents, *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 199 (2010), 1276-1286
- [5] D. Christ, S. Reese, A finite element model for shape memory alloys considering thermomechanical couplings at large strains, *International Journal of Solids and Structures*, 46 (2009), 3694-3709
- [6] M. Freund, H. Lorenz, D. Juhre, J. Ihlemann, M. Klueppel, Finite element implementation of a microstructure-based model for filled elastomers, *International Journal of Plasticity*, 27 (2011), 902-919
- [7] R. Raghunath, D. Juhre, M. Klüppel, A physically motivated model for filled elastomers including strain rate and amplitude dependency in finite viscoelasticity, *International Journal of Plasticity*, 78 (2016) 223-241
- [8] M. El-Yaagoubi, D. Juhre, J. Meier, T. Alshuth, U. Giese, Prediction of energy release rate in crack opening mode (mode I) for filled and unfilled elastomers using the Ogden model, *Engineering Fracture Mechanics*, 182 (2017), 74-85
- [9] J. Voges, R. Makvandi, D. Juhre, Numerical Investigation of the Phase Evolution in Polymer Blends under External Mechanical Loadings, *Technische Mechanik*, 37 (2017), 37-47
- [10] R. Makvandi, C. Reiher, A. Bertram, D. Juhre, Isogeometric Analysis of First- and Second-Strain Gradient Elasticity, *Computational Mechanics*, erweiterte Online-Publikation (2017), doi:10.1007/s00466-017-1462

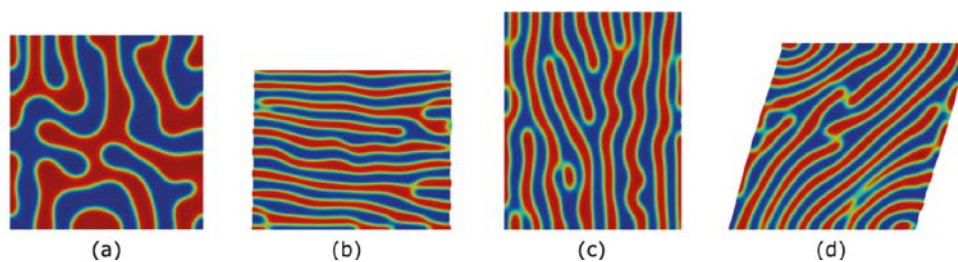


Abb. 1: Phasentrennung in binären Polymerblends: (a) ohne mechanischer Vorlast, (b) unter Druckbelastung, (c) unter Zugbelastung und (d) unter Scherbelastung.

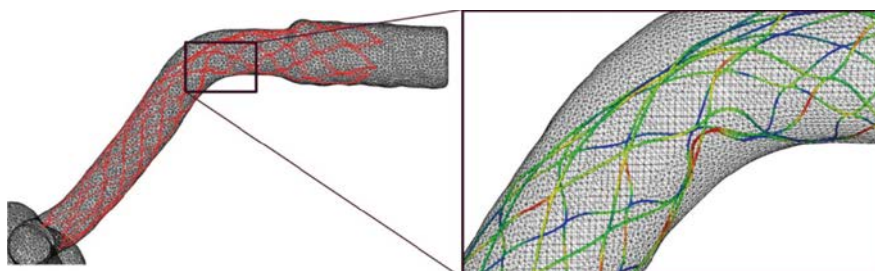


Abb. 2: Simulation der Platzierung eines NiTi-Stents in einem rekonstruierten Blutgefäß. Detailansicht: Darstellung der Stentinstabilität im Bereich der Gefäßkrümmung.

RUNDBRIEF READERS

Save 30% on these SIAM titles:

Tensor Analysis: *Spectral Theory and Special Tensors*

Liqun Qi and Ziyang Luo

Tensors, or hypermatrices, are multi-arrays with more than two indices. In the last decade or so, many concepts and results in matrix theory—some of which are nontrivial—have been extended to tensors and have a wide range of applications (for example, spectral hypergraph theory, higher order Markov chains, polynomial optimization, magnetic resonance imaging, automatic control, and quantum entanglement problems). The authors provide a comprehensive discussion of this new theory of tensors.

2017 • xiv + 305 pages • Softcover • 978-1-611974-74-4 • List \$84.00 • Rundbrief Readers \$58.80 • OT151

Advances and Trends in Optimization with Engineering Applications

Edited by Tamás Terlaky, Miguel F. Anjos, and Shabbir Ahmed

MOS-SIAM Series on Optimization 24

Optimization is of critical importance in engineering. This new overview of state-of-the-art optimization techniques reviews 10 major areas of optimization and related engineering applications. It provides a solid foundation for engineers and mathematical optimizers alike who want to understand not only the importance of optimization methods to engineering but also the capabilities of current methods.

2017 • xxxiv + 696 • Hardcover • 978-1-611974-67-6 • List \$99.00 • Rundbrief Readers \$69.30 • MO24

Iterative Solution of Symmetric Quasi-Definite Linear Systems

Dominique Orban and Mario Arioli

SIAM Spotlights 03

Numerous applications, including computational optimization and fluid dynamics, give rise to block linear systems of equations said to have the quasi-definite structure. This book discusses the connection between quasi-definite systems and linear least-squares problems, the most common and best understood problems in applied mathematics, and explains how quasi-definite systems can be solved using tailored iterative methods for linear least squares (with half as much work!).

2017 • xiv + 93 pages • Softcover • 978-1-611974-72-0 • List \$39.00 • Rundbrief Readers \$27.30 • SL03

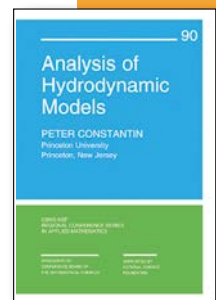
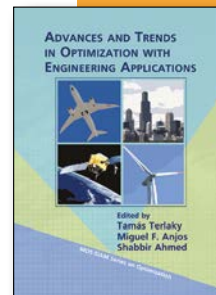
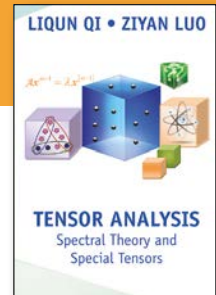
Analysis of Hydrodynamic Models

Peter Constantin

CBMS-NSF Regional Conference Series in Applied Mathematics 90

Analysis of Hydrodynamic Models presents a concise treatment of a number of partial differential equations of hydrodynamic origin, including the incompressible Euler equations, SQG, Boussinesq, incompressible porous medium, and Oldroyd-B. This concise, unified approach brings readers up to date on current open problems.

2017 • x + 63 pages • Softcover • 978-1-611974-79-9 • List \$39.00 • Rundbrief Readers \$27.30 • CB90



Be sure to enter code "BKGM17" to get special discount price.

siam SOCIETY FOR INDUSTRIAL AND APPLIED MATHEMATICS

TO ORDER, SHOP ONLINE AT bookstore.siam.org.

Use your credit card (AMEX, Discover, MasterCard, or VISA) when ordering online, by phone at +1-215-382-9800 worldwide or toll free at 800-447-SIAM in USA and Canada, or by fax at +1-215-386-7999. Send check or money order to: SIAM, Dept. BKGM17, 3600 Market Street, 6th Floor, Philadelphia, PA 19104-2688. Members and customers outside North America can order through the Eurospan Group, at Eurospanbookstore.com/siam.

6/17

ORDER ONLINE: BOOKSTORE.SIAM.ORG



DR.-ING. LUTZ PAULI
GAMM-JUNIOR SEIT 2016

RWTH AACHEN UNIVERSITY
Chair for Computational Analysis
of Technical Systems (CATS)

JUNGE TALENTE IN BESTER GESELLSCHAFT

INFORMATIONEN ZUR MITGLIEDSCHAFT www.gamm-ev.de



GAMM JUNIORS' SUMMERSCHOOL APPLIED MATHEMATICS AND MECHANICS

VON ULRICH RÖMER, BOJANA ROSIC & CLAUDIA SCHILLINGS

Die vierte GAMM Juniors Sommerschule mit dem Thema „Bayesian Inference: probabilistic learning from data“ fand vom 10.-14.07.2017 an der TU Braunschweig statt. Die Veranstaltung stieß auf reges Interesse, insgesamt nahmen 50 Postdocs und DoktorandInnen aus Deutschland, Österreich, Frankreich, dem Vereinigten Königreich, Tschechien und anderen Ländern teil. Eingeladene Vorträge wurden von Joachim Denzler (Friedrich-Schiller-Universität Jena), Youssef M. Marzouk (MIT) und Hermann G. Matthies (TU Braunschweig) gehalten. Dabei wurde ein breites Spektrum an Themen behandelt. Schwerpunkte waren neben der Bayesschen Inferenz insbesondere grundlegende Aspekte der Quantifizierung von Unsicherheiten, der Wahrscheinlichkeitstheorie, sowie des maschinellen Lernens. Weitere Vorlesungen und Übungen wurden von den OrganisatorInnen Ulrich Römer (TU Braunschweig), Bojana Rosic (TU Braunschweig) und Claudia Schillings (Universität Mannheim) angeboten.

Am Ende der Sommerschule präsentierten einige TeilnehmerInnen ihre eigene Forschung um Diskussionen zu verschiedenen Themen anzuregen. Zusätzlich gab es einen eingeladenen Vortrag von Martin Eigel (WIAS) zum Thema Bayessche Inferenz in hierarchischen Tensorformaten.



Prof. Matthies bei einem Vortrag

Neben dem wissenschaftlichen Programm wurde ein geführter Stadtrundgang angeboten. Auf reges Interesse stieß außerdem ein Barbecue im Beachclub Okercabana. Die Sommerschule wurde durch die Finanzierung der Dr.-Klaus-Körper-Stiftung, sowie des Graduiertenkollegs GRK2075 und des Instituts für Wissenschaftliches Rechnen der TU Braunschweig ermöglicht.



Gruppenfoto der SAMM 2017 in Braunschweig

JAHRESBERICHT 2017 DES GAMM-FACHAUSSCHUSSES

ANGEWANDTE OPERATORTHEORIE



Birgit Jacob



Christiane Tretter

Der Fachausschuss Angewandte Operatortheorie fördert die Kommunikation und Zusammenarbeit von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern, deren Arbeitsgebiet in der Anwendung und Theorie von operatortheoretischen Methoden liegt. Ein Hauptanliegen ist die Weiterentwicklung und Vertiefung operatortheoretischer Methoden in Hinblick auf ihre effiziente Umsetzung und Anwendbarkeit in konkreten physikalischen und ingenieurwissenschaftlichen Problemstellungen.

Aktivitäten des Fachausschusses 2017:

- Sektion „Angewandte Operatortheorie“, Jahrestagung der GAMM 2017. Organisation: Rainer Picard und Sascha Trostorff (TU Dresden).
- 88th Jahrestagung der GAMM 2017, 6.-10. März 2017, Ilmenau@Weimar. Lokale Organisatoren: Carsten Könke (Bauhaus Universität Weimar) und Carsten Trunk (TU Ilmenau).
- WORKSHOP of the GAMM Activity Group Applied Operator Theory, 19.-20. Mai 2017, TU Hamburg.

Organisation: Christian Seifert (TU Hamburg) and Marcus Waurick (Bath).

- Mini-Symposia „Functional calculus“, „Semigroups and evolution equations“ und „The Rien Kaashoek mini symposium“, International Workshop on Operator Theory and its Applications (IWOTA), 14.-18. August 2017, TU Chemnitz. Organisation: Markus Haase (U Kiel), András Bátkai (PH Vorarlberg) und André Ran (VU Amsterdam).

Geplante Aktivitäten des Fachausschusses 2018:

- Sektion „Angewandte Operatortheorie“, Jahrestagung der GAMM 2018. Organisation: András Bátkai (PH Vorarlberg) und Felix Schwenninger (U Hamburg).
- Summer school „Control of Infinite-dimensional Systems“, 1.-4. October 2018, Wuppertal. Organisation: Birgit Jacob und Julia Kleinhans (Wuppertal).

JAHRESBERICHT 2017 DES GAMM-FACHAUSSCHUSSES

OPTIMIERUNG MIT PARTIELLEN DIFFERENTIALGLEICHUNGEN



Anton Schiela



Winnifried Wollner

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 2017 im Rahmen des Workshops Optimization of Infinite Dimensional Non-Smooth Distributed Parameter Systems in Darmstadt statt. Mitglieder des FA haben an zahlreichen Konferenzen und Workshops teilgenommen und ebensolche Veranstaltungen mit organisiert. Zu nennen sind hier insbesondere

- die French-German-Italian Conference on Optimization in Paderborn,
- der Workshop Optimal Control and Inverse Problems (OCIP) an der TU München,

- der Workshop on Recent trends and future developments in Computational Science and Engineering in Plön,
- der Workshop Optimization of Infinite Dimensional Non-Smooth Distributed Parameter Systems in Darmstadt,
- die Organisation von Minisymposien und Sektionen auf der Jahrestagung der GAMM in Weimar sowie
- auf der SIAM Conference on Optimization in Vancouver,
- auf der SIAM Conference on Computational Science and Engineering in Atlanta,
- auf der SIAM Conference on Control and its Applications in Pittsburgh.

Eine erweiterte Liste von Veranstaltungen sowie bevorstehende Tagungsaktivitäten für 2018 werden über die Homepage des Fachausschusses <http://www.gamm.optpde.net> bekanntgegeben.

JAHRESBERICHT 2017 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: Helmut Abels (Vorsitzender), Dorothee Knees (stellvertretende Vorsitzende), Carolin Kreisbeck (stellvertretende Vorsitzende), Martin Kružík, Matthias Röger, Guido Schneider, Marita Thomas und Mathias Wilke. Anträge auf Aufnahme in den Fachausschuss können jeder Zeit an den Vorsitzenden (Helmut Abels, e-mail: Analysis.PDG@ur.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 an der Organisation folgender Konferenzen, Workshops und Schulen beteiligt:

- Vom 27. bis 29. September 2017 fand an der Technischen Universität Eindhoven, Niederlande, das fünfte Jahrestreffen des Fachausschusses mit 64 Teilnehmern statt (Organisation: Mark Peletier). Die Vortragsthemen reichten von (stochastischer) Homogenisierung über Gradientenflüsse, nichtlokale Differentialgleichungen und hochdimensionale Systeme hin zu Gleichungen für komplexe Fluide und Analysis verschiedener Modellen aus der Elastizitäts- und Plastizitätstheorie.
 - Des Weiteren wurde die Sektion „Applied Analysis“ auf der diesjährigen GAMM-Jahrestagung von Marita Thomas zusammen mit Maria Neuss-Radu organisiert.
 - Am 25. November 2016 fand in Kassel der „FerroDay 2016“ in Kassel statt (Organisation: Mark Groves and Athanasios Stylianou).
 - Den Workshop zu „Recent contributions of Women to Partial Differential Equations“ vom 28. bis 30. November 2016 an der Universität Wien organisierten Ansgar Jüngel und Christian Schmeiser.
 - Außerdem wurde am WIAS Berlin vom 29. Mai bis 2. Juni 2017 die „CRC 1114 Spring School: Methods for Particle Systems with Multiple Scales“ veranstaltet (Programm-Komitee: Alexander Mielke, Michiel Renger).
 - An der „14th International Conference on Free Boundary Problems: Theory and Applications“ in Shanghai nahmen vom 9. bis 14. Juli viele Mitglieder unseres Fachausschusses teil und Harald Garcke war Mitglied in dessen wissenschaftlichen Ausschuss.
 - Vom 4. bis 6. Oktober 2017 gab es zwei parallele Veranstaltungen, zum einen den Workshop zum Thema Homogenisierung und deren Anwendungen „Hom-TAp“ am WIAS Berlin (Organisation: Alfonso Caiazzo, Martin Heida, Sina Reichelt, Ben Schweizer), sowie den Workshop zu „Analysis and PDE“ an der Leibniz Universität Hannover (Organisation: Wolfram Bauer, Joachim Escher, Elmar Schrohe, Jörg Seiler, Christoph Walker, Emil Wiedemann).
- Auch für das nächste Jahr sind zahlreiche Aktivitäten mit Beteiligung von Mitgliedern des Fachausschusses geplant:
- Das sechste Jahrestreffen wird vom 19. bis 21. September 2018 an der Universität Stuttgart stattfinden (Organisation: Guido Schneider).
 - Auf der GAMM-Jahrestagung 2018 wird unser Mitglied Mark Peletier einen Plenarvortrag halten und Dorothee Knees ist im Programm-Komitee vertreten.
 - Für den 5. bis 8. März 2018 ist ein Workshop mit dem Thema „Geometric Evolution Equations“ in Regensburg geplant (Organisation: Helmut Abels, Georg Dolzmann, Harald Garcke, Alessandra Pluda).
 - Vom 14. bis 18. Mai 2018 findet am CIRM, Frankreich, eine Konferenz zu „Stochastic Partial Differential Equations“ statt (Organisation: Nils Berglund, Arnaud Debussche, Francois Delarue, Christian Kuehn).

JAHRESBERICHT 2017 DES GAMM-FACHAUSSCHUSSES

ANALYSIS VON MIKROSTRUKTUREN



Carsten Carstensen



Klaus Hackl

Der Fachausschuss fördert die mathematische Modellierung mikromechanischer Phänomene sowie deren Analyse und numerische Simulation. Die Wechselwirkung von Mechanismen auf unterschiedlichen Skalen erfordert eine tiefere Zusammenarbeit von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern in den Disziplinen der Ingenieur- und Naturwissenschaften sowie der Mathematik, da einerseits viele Fragen der Modellierung nicht geklärt sind und andererseits das Potential moderner mathematischer Methoden wie Homogenisierung und Relaxierung noch nicht angemessen in Anwendungen eingeht. Die Kommunikation, Weiterentwicklung und Verfeinerung dieser Methoden werden im Fachausschuss durch koordinierte Forschungsplanung sowie durch Seminare, Tagungen und Vorträge vorangetrieben.

- Im Jahr 2017 haben wir diese Ziel beispielhaft im 16h GAMM-Seminar on Microstructures an

der TU Dortmund mit eingeladenen Vorträgen von Grégoire Allaire, Gilles Francfort, Marc Geers, Bernd Schmidt und Augusto Visintin in insgesamt 27 Vorträgen mit etwa 70 Teilnehmern verfolgt. Die Hauptvortragenden Pierre Suquet und László Székelyhidi haben auf der Jahrestagung 2017 viel beachtete Einblicke in die Themen des FA geben können und Ben Schweizer schreibt in diesem Heft über Dispersion.

- Sergio Conti hielt einen Hauptvortrag auf dem französischen Strukturmechanikkolloquium CSMA 2017 über variationelle Mustermodellierung von dünnen elastischen Filmen.
- Das 17th-GAMM-Seminar on Microstructures wird schon im Januar in Florenz statt finden mit John M. Ball, William Curtin, Pedro Ponte-Castaneda und Giuseppe Savaré; weiteres unter <http://www.gamm17.unifi.it/>

JAHRESBERICHT 2017 DES GAMM-FACHAUSSCHUSSES

EXPERIMENTELLE FESTKÖRPERMECHANIK



Stefan Hartmann



Stefan Diebels

Der im Jahre 2017 neu eingerichtete GAMM-Fachausschuss Experimentelle Festkörpermechanik hat zum Ziel, experimentelle Methoden und die Auswertung experimenteller Daten aufzuarbeiten und zu kommunizieren. Auf der konstituierenden Sitzung im Mai 2017 in Stuttgart sind die Strukturierung der Themengebiete und die Abgrenzung zu anderen Fragestellungen ausgearbeitet worden. Der Themenschwerpunkt des Fachausschusses liegt auf festen Materialien. Hierbei wird der wissenschaftliche Austausch auf der Behandlung unterschiedlicher Materialien, deren experimenteller Untersuchung und Charakterisierung-, der Neuentwicklung bzw. Untersuchung der erforderlichen Messtechnik, der Identifikation von Materialparametern konstitutiver Materialmodelle aus erforderlichen experimentellen Daten

sowie der Entwicklung von Validierungsexperimenten erfolgen. Zu Beginn der Laufzeit des Fachausschusses ist derzeit ein „special issue“ in den GAMM-Mitteilungen für 2018 geplant, um den „status quo“ der experimentellen Festkörpermechanik, die sich in Deutschland wieder neu entwickelt, festzustellen. Dies wird insbesondere durch die Möglichkeiten neuer, moderner optischer Messtechnik sowie durch mehrskalige und multiphysikalische Fragestellungen neu entfacht.

Darüberhinaus wird aus dem Fachausschuss heraus auch das Minisymposium Experimental Mechanics auf der GAMM-Jahrestagung 2018 in München gestaltet.

JAHRESBERICHT 2017 DES GAMM-FACHAUSSCHUSSES

DYNAMIK UND REGELUNGSTHEORIE



Rolf Findeisen



Stephan Trenn

Dynamik und Regelungstheorie ist ein interdisziplinäres Gebiet. Es vereint Kollegen verschiedenster Disziplinen, von der Mathematischen Systemtheorie, der Regelungstechnik, der Nichtlineare Dynamik- und Schwingungstheorie, der Mehrkörperdynamik und den verschiedensten Anwendungsfeldern. Im Vordergrund des Fachausschusses steht das mathematische Verständnis der Dynamik bei Steuerungen und Regelungen, die sowohl in Grundlagenuntersuchungen als auch in der Praxis zur Anwendung kommen. Neben klassischen Fragen treten vermehrt auch Fragen der Beeinflussung und Analyse dynamischer Systeme über Kommunikationsnetzwerken, so wie die Betrachtung großer, interagierender dynamischer Systeme, sowie der Berücksichtigung von Lernenden Verfahren in den Vordergrund.

Eines der Hauptanliegen des Ausschusses ist es, die Kommunikation und Zusammenarbeit von WissenschaftlerInnen aus der Mathematik und den Ingenieurwissenschaften zu fördern. Dieses Ziel wird unter anderem durch halbjährlich stattfindenden Workshops, an denen zwischen 20 und 40 Kollegen der Ingenieurwissenschaften und der Mathematik, von Doktoranden bis hin zu emeritierten Kollegen teilnehmen. Hierbei werden aktuellen Forschungsergebnisse und Ergebnisse diskutiert und es wird auf Trends und neue Entwicklungen eingegangen. Hierbei liegt dem Ausschuss insbesondere die Einbindung und Integration jüngerer KollegInnen und WissenschaftlerInnen am Herzen.

Der Fachausschuss interagiert mit zahlreichen anderen Organisationen, insbesondere der GMA/VDI im Rahmen der Fachaus-schüsse 1.30 und 1.40.

Detaillierte Informationen und aktuell Aktivitäten des Fachausschusses können unter <http://ifatwww.et.uni-magdeburg.de/syst/GAMMFA/gammfa.shtml> gefunden werden

Aktivitäten und Treffen des Fachausschusses

Workshops des Fachausschusses

- 08./09.06.2017 am KIT in Karlsruhe mit 29 Teilnehmern und 12 Vorträgen; Organisatoren: Alexander Fidlin (KIT), Stephan Trenn (TU Kaiserslautern), R. Findeisen (OvGU Magdeburg)
- 27./28.11.2017 an der Universität Kassel mit 20 Teilnehmern und 10 Vorträgen; Organisatoren: Hartmut Hetzler (U. Kassel), Stephan Trenn (TU Kaiserslautern), Rolf Findeisen (OvGU Magdeburg)

GAMM-Jahrestagung 2017 in Ilmenau@Weimar

Im Rahmen der Jahrestagung war Jean-Michel Coron (Paris, France) Hauptvortragender. Er hielt einen Vortrag zum

Thema "On the stabilization of control systems". Er wurde durch den GAMM Fachausschuss vorgeschlagen. Die Sektionen S1 Multibody dynamics wurde durch Jörg Fehr (Stuttgart) und Jürgen Pannek (Bremen) organisiert und geleitet. Die Sektion S5 Nonlinear oscillations organisierten Hartmut Hetzler (Kassel) und Dieter Lens (Darmstadt). Die Sektion Dynamics and control (S20) wurden durch Matthias Müller (Stuttgart) und Karl Worthmann (Ilmenau) organisiert.

Daneben organisierten die Mitglieder des Fachausschusses die nachfolgenden Veranstaltungen, die in engem Zusammenhang zu den Themen des Fachausschusses stehen oder waren bei deren Organisation beteiligt:

- 11th Elgersburg Workshop 2017
19.02-23.02.2017 in Elgersburg (Thüringen) mit 54 Teilnehmern; Organisatoren: Lars Grüne (U Bayreuth), A. Ilchmann (TU Ilmenau), Eva Zerz (RWTH Aachen)
- 9th Elgersburg School 2017
26.03-01.04.2017 in Elgersburg (Thüringen) mit 31 Teilnehmern aus 5 Ländern; Vortragende: Jan Lunze (U Bochum) „Control theory of digitally networked dynamic systems“, Matthias Gerds (Bundeswehr U München) „Optimal control techniques“; Organisatoren: Achim Ilchmann (TU Ilmenau), Timo Reis (U Hamburg), Fabian Wirth (U Passau)

Geplante zukünftige Aktivitäten:

- Das nächstes Treffen des Fachausschusses ist für März 2018 vorgesehen
- Das nächste gemeinsame Treffen des FA mit den GMA Fach-ausschüssen 1.30 (Modellbildung, Identifikation und Simulation in der Automatisierungstechnik) und 1.40 (Theoretische Verfahren der Regelungstechnik) findet vom 17.09-21.09.2018 in Anif statt. Die Vorträge des GAMM Fachausschuss sind für Mittwoch den 19.09 vorgesehen
- 12. Elgersburg Workshop 2018, 26.02.-01.03.2018, Organisatoren: Lars Grüne (U Bayreuth), Achim Ilchmann (TU Ilmenau), Eva Zerz (RWTH Aachen), voraussichtlich 50 Teilnehmer
- 10. Elgersburg School 2017, 04.03.-10.03.2018, Themen: Time-delay systems: Lyapunov functionals and matrices (Vladi-mir L. Kharitonov, Saint-Petersburg); Input-to-state stability and interconnected Systems (Sergey Dashkovskiy, U Würzburg); Organisatoren: Achim Ilchmann (TU Ilmenau), Timo Reis (U Hamburg), Fabian Wirth (U Passau)

JAHRESBERICHT 2017 DES GAMM-FACHAUSSCHUSSES

MATHEMATISCHE SIGNAL- UND BILDVERARBEITUNG (MSIP)



Gitta Kutyniok



Martin Burger

Der Fachausschuss MSIP wurde im April 2012 ins Leben gerufen und hat zur Zeit bereits fast 200 Mitglieder aus ca. 25 verschiedenen Ländern. Zur Förderung des Gebietes der “Mathematischen Signal- und Bildverarbeitung”, zur Unterstützung von Nachwuchswissenschaftlern/innen und zur Verbesserung von interdisziplinärer Forschung dient die Webseite www.math.tu-berlin.de/GAMM-MSIP als zentrale Kommunikationsplattform, neben u.a. einem regelmäßigen Newsletter und einem Job-Forum.

Im Jahr 2017 wurden von den Mitgliedern des Fachausschusses folgende Veranstaltungen organisiert:

- Sektion “Mathematical signal and image processing”, Jahrestagung der GAMM 2017. Organisation: G. Steidl (Kaiserslautern) und J. Lellmann (Lübeck).
- YR Minisymposium “Local and nonlocal methods for processing manifold and point cloud data”, Jahrestagung der GAMM 2017. Organisation: R. Bergmann (Kaiserslautern) und D. Tenbrinck (Münster).
- Annual GAMM-MSIP Workshop “Mathematical Signal and Data Analysis”, Bremen, 18.-20.9.2017. Organisation: E. King, R. Reisenhofer, Y. Cordero, F. Weilandt (Bremen)
- Workshop on „Shape, Images and Optimization“ (3rd Applied Mathematics Symposium Münster), Münster, 28.2.-3.3.2017. Organisation: A. Chambolle (Paris), T. Pock (Graz) und B. Wirth (Münster).
- Gene Golub Summer School 2017 zum Thema “Data Sparse Approximations & Algorithms“, Berlin, 29.5.-9.6.2017. Organisation: G. Kutyniok, J. Liesen, V. Mehrmann (Berlin).
- The 6th International Conference on Scale Space and Variational Methods in Computer Vision, Dänemark, 4.-8.6.2017. Organisation: F. Lauze, Y. Dong, A. B. Dahl (Kopenhagen).
- CoSIP Intense Course on Deep Learning, Berlin, 29.11.-1.12.2017. Organisation: G. Kutyniok, M. März (Berlin), R. Mathar (Aachen).
- „Compressed Sensing and Applications“, Berlin, 4.-8.12.2017. Organisation: H. Boche (München), G. Caire, G. Kutyniok (Berlin), R. Calderbank (Duke) und R. Mathar (Aachen).

Ein von M. Burger, D. Tenbrinck (Münster) und C. Schönlieb (Cambridge) koordiniertes EU-Netzwerk (RISE) zum Thema „Nonlocal Methods for Arbitrary Data Structures“ wurde 2017 genehmigt. Desweiteren wurde M. Burger (Münster) durch ein Simons-Fellowship in Cambridge geehrt. Ferner wurde Philipp Petersen (TU Berlin) durch

den Dr.-Klaus-Körper-Preis der GAMM und durch den BIMoS PhD Award geehrt. Martin Genzel (TU Berlin) wurde als GAMM Junior 2017 aufgenommen.

Mitglieder des Fachausschusses waren zusätzlich an der Organisation diverser weiterer Tagungen, Workshops und Minisymposien - zum Teil federführend - beteiligt, u.a. bei der IMA Conference on Inverse Problems and Applications, Cambridge, sowie beim Programm Variational Methods in Imaging and Vision am Newton Institute in Cambridge.

Es ist ferner zu berichten, dass der Fachausschuss positiv evaluiert und für weitere drei Jahre verlängert wurde.

Für das Jahr 2018 sind u.a. bereits folgende Aktivitäten geplant:

- MIA 2018, Mathematics and Image Analysis, Berlin, Januar, 2018. Organisation: J. F. Aujol (Bordeaux), J. Fadili (Caen), M. Hintermüller, G. Kutyniok (Berlin), G. Peyre (Paris), G. Plonka-Hoch (Göttingen), G. Steidl (Kaiserslautern)
- Kickoff Workshop NoMADS, Münster, März 2018, Organisation: M. Burger, D. Tenbrinck (Münster).
- Sektion “Mathematical signal and image processing”, Jahrestagung der GAMM 2018. Organisation: F. Kraemer (München) und B. Wirth (Münster).

Im Jahr 2018 wird die größte Konferenz des Gebiets, SIAM Imaging, in Bologna stattfinden. Es ist uns gelungen dafür spezielle Tarife für GAMM-Mitglieder zu verhandeln, die GAMM-MSIP wird auf dieser Konferenz breit vertreten sein.

Zusätzliche Informationen zu diesen und weiteren Aktivitäten des Fachausschusses sind auf der Seite www.math.tu-berlin.de/GAMM-MSIP zu finden. Bei Interesse laden wir jeden herzlich dazu ein, Mitglied zu werden.

JAHRESBERICHT 2017 DES GAMM-FACHAUSSCHUSSES

UNCERTAINTY QUANTIFICATION (UQ)



Oliver Ernst



Alexey Chernov

Der FA UQ fördert den wissenschaftlichen Austausch zur Quantifizierung von Unsicherheiten in technisch-wissenschaftlichen Berechnungen und vertritt dieses Fachgebiet innerhalb der GAMM.

Auf der GAMM-Jahrestagung in Weimar hielt Herr Prof. Oliver Ernst (TU Chemnitz) auf Vorschlag des Programmkomitees einen Hauptvortrag zum Thema „Uncertainty Quantification: Propagation and Inference“; hierzu erschien im GAMM-Rundbrief 2/2017 ein Übersichtsartikel. Auf der Jahrestagung organisierten Frau Dr. Aretha Teckentrup (U Edinburgh) und Herr Dr. Björn Sprungk (U Mannheim) auf Vorschlag des Fachausschusses ein Young Researchers' Minisymposium zum Thema „Computational Techniques for Bayesian Inverse Problems“.

Im Juli 2017 veranstalteten Mitglieder des Fachausschusses in Kooperation mit den GAMM Juniors und dem DFG-GRK 2075 in Braunschweig eine Sommerschule zum Thema „Bayesian Inference: Probabilistic Way of Learning From Data“.

Im September 2017 fand in München der Workshop „Frontiers of Uncertainty Quantification in Engineering“ statt mit Hauptvorträgen von Lori Graham-Brady (Johns Hopkins Univ.), Olivier Le Maître (LIMSI-CNRS), Tinsley Oden (Univ. of Texas at Austin), Costas Papadimitriou (Univ. of Thessaly), Dongbin Xiu (Ohio State Univ.)

Mitglieder des FA UQ organisierten auf der ENUMATH 2017 im September 2017 das Minisymposium „Uncertainty Propagation“. Mit 12 Vorträgen zählte es zu den größten Minisymposia dieser Tagung und stellte die aktuellsten Entwicklungen im Bereich zusammen.

Mitglieder des FA UQ nahmen 2017 aktiv teil sowohl an den großen Tagungsreihen der angewandten Mathematik, darunter die bereits erwähnte ENUMATH 2017 in Voss, die GAMM-Jahrestagung in Weimar, sowie die „Biennial Numerical Analysis Conference“ in Glasgow.

Termine des GAMM FA UQ in 2018:

- Isaac Newton Institute Programme „Uncertainty quantification for complex systems: theory and methodologies“, 3. Januar - 29. Juni 2018, Cambridge
- 3rd GAMM AGUQ Workshop on Uncertainty Quantification, 12. - 14. März, Dortmund
- GAMM-Jahrestagung, 19. - 23. März, München, insbesondere:
 - S15 Uncertainty Quantification
 - MS5 PDE Constrained Optimization under Uncertainty
- SIAM Conference on Uncertainty Quantification, 16.-19. April, Garden Grove, California, USA

JAHRESBERICHT 2017 DES GAMM-FACHAUSSCHUSSES

ANGEWANDTE UND NUMERISCHE LINEARE ALGEBRA (ANLA)



Jörg Liesen



Stefan Güttel

Unser Fachausschuss hat aktuell 108 Mitglieder aus 23 Ländern. Eine Mitgliedschaft kann jederzeit über die Webseite des Fachausschusses beantragt werden (www.maths.manchester.ac.uk/gamm-anla). Aktuelle Informationen über den Fachausschuss findet man auch auf Twitter (@gamm_anla). Ein Blog mit Berichten über unsere Workshops ist im Aufbau (gammanla.wordpress.com).

Im September 2017 fand an der Universität zu Köln der 17. GAMM ANLA Workshop mit Fokus auf High Performance Computing (HPC) statt (Organisatoren: Axel Klawonn, Martin Kühn und Martin Lanser). Als Hauptvortragende waren Pierre Gosselet (LMT Cachan/ Université Paris-Saclay), Oliver Rheinbach (Freiburg) und Wim Vervaeke (Antwerpen) eingeladen. In der von Sara Grundel (Magdeburg) und Karsten Kahl (Wuppertal) organisierten

ANLA-Sektion auf der GAMM Jahrestagung 2017 gab es 24 Vorträge. Oliver Ernst (Chemnitz) präsentierte in seinem vom Fachausschuss vorgeschlagenen Plenarvortrag aktuelle Forschung im Bereich Uncertainty Quantification. Zudem fand ein vom Fachausschuss vorgeschlagenes Minisymposium über Structured Pseudospectra and Stability Radii statt, das von Nicola Guglielmi (L'Aquila) und Michael Karow (TU Berlin) organisiert wurde. Fachausschuss-Mitglieder waren 2017 an der Ausrichtung vieler weiterer Veranstaltungen beteiligt, unter anderem am 7. Workshop on Matrix Equations and Tensor Techniques in Pisa und an der Gene Golub SIAM Summer School in Berlin.

Der 18. GAMM ANLA Workshop wird im Oktober 2018 in Lund (Schweden) stattfinden und von Philipp Birken (Lund) und Elias Jarlebring (KTH Stockholm) organisiert.

JAHRESBERICHT 2017 DES GAMM-FACHAUSSCHUSSES
**COMPUTATIONAL SCIENCE
 AND ENGINEERING (CSE)**



Andrea Walther



Oliver Röhrlé



Matthias Bolten

Der Fachausschuss „Computational Science and Engineering“ wurde 2012 gegründet und widmet sich der immer stärker werdenden Verknüpfung von Mathematik, Ingenieur- bzw. Naturwissenschaften und Informatik bei der Simulation von anwendungsrelevanten Problemen. Der Begriff „Computational Science and Engineering“ oder kurz „CSE“ bezeichnet dabei in einem umfassenden Sinn die Simulationswissenschaften, bei denen Modellierung, numerische Approximationen, Algorithmen und Software eng miteinander verzahnt werden. Die Anwendungsfelder, in denen CSE-Methodik Verwendung findet, sind vielfältig. Sie reichen von industrierelevanter ingenieurwissenschaftlicher Forschung bis hin zu naturwissenschaftlich orientierten Grundlagenbereichen. Viele der Emerging Fields, wie Biomedical Engineering, Data Driven Computing, Water Sustainability und CO2 Sequestration und Advanced New Materials sind ohne CSE undenkbar.

Der Fachausschuss hat derzeit mehr als 90 volle und assoziierte Mitglieder aus den verschiedenen Disziplinen, welche auf den vom Fachausschuss organisierten Treffen und Workshops ihre Erfahrungen in diesem interdisziplinären Feld austauschen.

Vom 27. Februar bis zum 3. März dieses Jahres fand in Atlanta die SIAM Conference on Computational Science and Engineering statt. Diese Tagung wird von einer großen Zahl von Mitgliedern des Fachausschusses besucht, daher fand dort wie in den vergangenen Jahren ein informelles Mitgliedertreffen statt. Kurz darauf folgte die 88. Jahrestagung der GAMM in Weimar, auf der das offizielle Treffen des Fachausschusses erfolgte. Neben diesen beiden Treffen gab es auf dem Workshop Power-Aware Computing (PACO) 2017, der vom 5. bis 8. Juli in Schloss Ringberg stattfand Gelegenheit sich über aktuelle Ergebnisse auszutauschen. Der Workshop wurde unter anderem vom Fachausschussmitglied Jens Saak (MPI Magdeburg) organisiert und mit Axel Klawonn (Universität zu Köln) und Ulrich Rüde (FAU Erlangen-Nürnberg) als Keynote Speakers und Matthias Bolten (Bergische Universität Wuppertal) als eingeladenem Sprecher war der Fachausschuss auch ansonsten sehr gut vertreten.

Der Workshop des Fachausschusses fand dieses Jahr am 19. und 20. Oktober in Jülich am Jülich Supercomputing Centre statt. Er wurde von Robert Speck (FZ Jülich) und Andreas Lintermann (RWTH Aachen) organisiert. Als eingeladene Sprecher konnten Scott MacLachlan

(Memorial University of Newfoundland), Mariano Vázquez (Barcelona Supercomputing Centre) und Miriam Mehl (Universität Stuttgart) gewonnen werden.

Auf der kommenden 89. GAMM Jahrestagung in München wird das von Andrea Walther und Matthias Bolten organisierte Minisymposium mit dem Titel „High-Performance Computing for Continuum Mechanics Problems“ stattfinden. Bei diesem werden Paare von Mathematikern und Ingenieuren über ihre erfolgreichen Kooperationen bei der Simulation von komplexen Fragestellungen aus den Ingenieurwissenschaften berichten.

Auch im kommenden Jahr wird wieder ein Workshop des Fachausschusses stattfinden. Zum ersten Mal wird dieser einen Schwerpunkt haben, der „CSE in Engineering“ lauten wird. Zeit und Ort des Workshop werden noch per Email und auf den Webseiten des Fachausschusses bekannt gegeben. Die Adresse der Webseiten lautet: <http://www.uni-stuttgart.de/gamm/fa-cse>

JAHRESBERICHT 2017 DES GAMM-FACHAUSSCHUSSES PHASENFELDMODELLIERUNG



Ralf Müller

Der Fachausschuss Phasenfeldmodellierung arbeitet interdisziplinär und setzt sich daher aus Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern der Bereiche Materialwissenschaft, Mathematik und Mechanik zusammen. Über Themen wie Festkörperphasentransformationen und Erstarrung hinaus finden Phasenfeldformulierungen in neueren Gebieten wie Bruchmechanik, Benetzung und Topologieoptimierung Anwendung.

Neueste Ergebnisse aus dem Bereich der Phasenfeldmodellierung wurden vom 2.2.-3.2.2017 auf dem „4th Seminar on Phase Field Models“ in Aachen gezeigt und diskutiert. Das Seminar wurde von Herrn Prof. Bernd Markert (RWTH Aachen) organisiert. Ein erster Sonderband der GAMM-Mitteilungen zum Thema Phasenfeldmodelle in der Bruchmechanik ist im Laufe des Jahres erschienen. Ein weiterer Band der GAMM-Mitteilungen, der den Fokus auf gekoppelte und mehrskalige Phasenfeldmodellierungen legt, ist in der Vorbereitung zur Drucklegung.

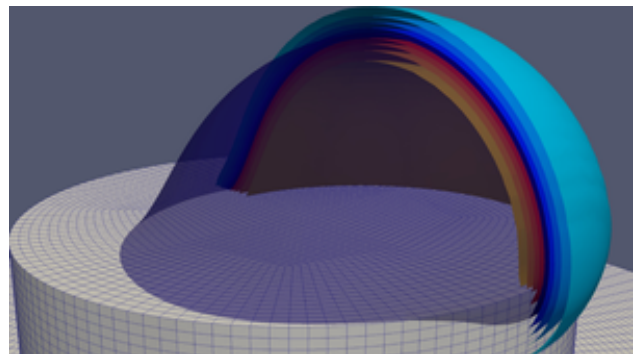
Auf der GAMM-Jahrestagung 2017 in Weimar haben die Fachausschussmitglieder Frau Prof. Laura De Lorenzis (TU Braunschweig) und Prof. Bernd Markert (RWTH Aachen) ein Minisymposium zum Thema „Recent Trends in Phase Field Modeling“ organisiert. Im Rahmen des „7th GACM 2017 Colloquium on Computational Mechanics“ in Stuttgart wurde von dem Fachausschussmitglied Frau Jun. Prof. Charlotte Kuhn ein Minisymposium zum Thema „Mechanics

of Dissipative Solids: Plasticity, Fracture and Damage“ mitorganisiert.

Aktuell befindet sich ein Minisymposium zum Thema „Advances in Phase-Field Modelling of Fracture“ auf dem „13th World Congress in Computational Mechanics“, New York, USA, 22.-27.7.2018 in Vorbereitung. Dieses Minisymposium wird von Frau Prof. Laura De Lorenzis (TU Braunschweig) und Herrn Prof. Ralf Müller (TU Kaiserslautern) zusammen mit Kollegen aus den USA und Frankreich organisiert.

Das „5th Seminar on Phase Field Models“ wird von Herrn Prof. Markus Kästner (TU Dresden) vom 8.-9.2.2018 in Dresden veranstaltet.

Aktuelle Informationen finden sich unter:
<http://mv.uni-kl.de/lm/fa-pfm>



JAHRESBERICHT 2017 DES GAMM-FACHAUSSCHUSSES DATA-DRIVEN MODELING AND NUMERICAL SIMULATION OF MICRO- STRUCTURED MATERIALS (AG DATA)



Stefan Diebels



Felix Fritzen

Die AG Data hat im Jahr 2017 die 2016 aufgenommene Arbeit fortgesetzt und vertieft. Hauptaktivität war der Workshop „Challenges and Perspectives in Data-driven Modeling“, der von Thomas Böhlke und Mitarbeitern am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) am 18.-19. Mai 2017 organisiert wurde. Das Programm des Workshops bestand neben Fachvorträgen aus Laborführungen an experimentellen Einrichtungen des KIT. Den Abschluss bildete eine Diskussion über weitere Aktivitäten der Gruppe. Dabei wurde beschlossen den Kontakt zur DGM (Deutsche Gesellschaft für Materialkunde e.V.) zum Ausbau der Kompetenzen im Bereich der experimentellen und datenverarbeitenden Techniken verstärkt zu suchen. Als erster Schritt sind Besuche von DGM Arbeitskreistreffen durch Vertreter

der GAMM AG Data vorgesehen. Weiterhin werden zum nächsten Jahrestreffen in Lüneburg/Geesthacht im Mai 2018 (Organisation durch Benjamin Klusemann) Mitglieder der DGM eingeladen. Darüber hinaus wurde die verstärkte Organisation von Minisymposien durch den Fachausschuss beschlossen.

Zur Stärkung des aktuellen Forschungsbereichs der numerischen Methoden zur Simulation (z. B. mit FFT) unter Einbeziehung von Voxeldaten ist ein zusätzliches Arbeitstreffen am 6.-7. Dezember 2017 am KIT geplant, das von Jun.-Prof. Matti Schneider organisiert wird. Die Idee kleinerer thematischer Workshops soll in Zukunft intensiviert werden.

JAHRESBERICHT 2017 DES GAMM-FACHAUSSCHUSSES

STOCHASTISCHE OPTIMIERUNG IN DER TECHNIK



Thomas Vietor

Von Mitgliedern des Ausschusses wurden 2 Konferenzen in 2017 durchgeführt.

1. World Congress of Structural and Multidisciplinary Optimisation (WCSMO)

Der Kongress ist einer der wichtigsten Plattformen der internationalen Optimierungscommunity. Seit 1995 finden sich im zweijährigen Rhythmus Forscher aus allen Teilen der Welt zusammen, um sich über aktuelle Optimierungsprobleme und Lösungsansätze in verschiedensten Disziplinen der Natur- und Ingenieurwissenschaften auszutauschen und zu diskutieren.

Die International Society for Structural and Multidisciplinary Optimisation (ISSMO) ist Initiator dieser Konferenz und entscheidet über den Austragungsort der WCSMO. Neben Städten wie Rio de Janeiro (2005) und Sydney (2015) konnte sich in diesem Jahr Braunschweig als Ausrichter der 12. WCSMO qualifizieren. Ein Organisationsteam der Technischen Universität Braunschweig, der Bergischen Universität Wuppertal, der TU München und der University of Colorado sowie der Volkswagen AG hat sich nach der erfolgreichen Bewerbung seit mehr als einem Jahr um die reibungslose Organisation des Events gekümmert.

Vom 5. bis 9. Juni 2017 konnten die mehr als 500 Teilnehmer aus 31 Ländern den Vorträgen aus den Bereichen der Medizin, der Mathematik und vor allem dem Ingenieurwesen folgen.

Das wissenschaftliche Programm bestand aus insgesamt 419 Fachvorträgen und 33 Poster-Präsentationen. Das Altgebäude sowie das Audimax am Hauptcampus der TU Braunschweig dienten hierzu als Austragungsstätte. Um die hohe Zahl der Vorträge bewältigen zu können, liefen bis zu 7 Sessions gleichzeitig. Durch die räumliche Nähe der Hörsäle war es den Teilnehmern möglich, schnell zwischen den einzelnen Sessions zu wechseln. Die Vorstellung der einzelnen Forschungsbeiträge verteilte sich auf vier Tage und endete mit der State-of-the-Art-Discussion (SOTA). Vier Experten fassten in einem Plenarvortrag die aktuellen Trends und Entwicklungen ihres Forschungsgebiets zusammen und diskutierten im Anschluss mit dem Auditorium. Neben dem wissenschaftlichen Programm bot die

Konferenz viele Möglichkeiten zum Netzwerken. Das insbesondere für die Förderung des Austauschs der weiblichen Teilnehmer angebotene Womens Researchers Networking Lunch wurde mit hoher Beteiligung angenommen. Ein weiteres Highlight bildete das Conference Dinner im Phæno, Wolfsburg.

Am Ende der Konferenz standen Exkursionen zu technischen oder kulturellen Zielen auf dem Programm. Interessierten Studierenden bot sich die Möglichkeit zur kostenfreien Teilnahme an der Konferenz durch die Vergabe von Whitecards.

Veröffentlichung: Schumacher, A., Vietor, Th., Fiebig, S., Bletzinger, K.-U., Maute, K. (Eds.): „Proceedings of the 12th World Congress of Structural and Multidisciplinary Optimisation“, Springer International Publishing, 2018, ISBN 978-3-319-67987-7 (vorauss. 1/2018).

2. Advanced Vehicle Energy Concepts and Structures for China (AVECS)

5th Joint Symposium, Ort: University of Ontario, Institute of Technology, Ottawa, Sep. 18-20th, 2017, mit Beteiligung der Tongji Universität, Shanghai, China, der University of Ontario, Canada und Politecnico di Torino, Italy. Teilnahme von ca. 20 Forschern aus den beteiligten Universitäten.

JAHRESBERICHT 2017 DES GAMM-FACHAUSSCHUSSES MODELLIERUNG, ANALYSIS UND SIMULATION MOLEKULARER SYSTEME



Benjamin Stamm



Gero Friesecke

Reinhold
Schneider

Die Gründung des neuen Fachausschusses „Modellierung, Analysis und Simulation molekularer Systeme“ wurde auf der GAMM-Jahrestagung in Weimar beschlossen. Die konstituierende Sitzung fand im Rahmen eines ersten Jahrestreffens am 12./13. Oktober 2017 an der RWTH Aachen mit ca. 50 Teilnehmern statt. Das wissenschaftliche Programm bestand aus 15 Vorträgen, in denen Mitglieder des neuen Fachausschusses ihre Forschungsinteressen und aktuelle Ergebnisse vorstellten, einer Poster Session, sowie zwei eingeladenen Keynote-Vorträgen von Professor Ben Leimkuhler (University of Edinburgh und Alan Turing Institute) und Eric Cancés (Ecole des Ponts Paris).

Unser Interesse gilt der mathematischen Analyse, Entwicklung und Implementierung von Modellen und numerischen Methoden für die Beschreibung von Materie auf atomaren Skalen, mit besonderem Fokus auf traditionellen Aspekten der angewandten Mathematik: Modellierung, Erarbeitung einer analytischen Fundierung (z.B. Wohlgestelltheit; Stabilität), Konvergenz von Diskretisierungen, algorithmische Details, Komplexität, und effiziente Implementierung. Wir interessieren uns für Modelle, die auf quantenmechanischen, klassischen, und stochastischen/statistischen Theorien beruhen, sowie für datengetriebene inverse Probleme, wie sie z.B. bei der Aufschlüsselung der atomaren Struktur von Proteinen und Materialien anhand von Röntgen- oder Kryo-EM-Bildern auftreten. Neben den traditionellen mathematischen Aspekten interessieren wir uns auch für die Vernetzung mit Praktikern, sodass unsere Methoden auch in die Anwendung gelangen. Ein Blick auf die Rechenzeiten je nach Disziplin an den Rechenzentren zeigt eindrücklich die Relevanz von Simulationen auf atomarer Skala. Tatsächlich sind auch die mathematischen Fragestellungen sehr interessant, was beim ersten Jahrestreffen schön gezeigt wurde. So beziehen sich etwa sowohl in Elektronenstruktursimulationen als auch in Molekulardynamik bisherige Fehlerabschätzungen, und das auf diesen basierende Design numerischer Verfahren, nur auf Grundgrößen wie z.B. der Gesamtenergie; aber die besten bekannten Methoden beruhen oft auf – theoretisch nicht verstandenen – em-

pirischen Fehlerauslöschungseffekten bei anderen interessanten Observablen (Energiedifferenzen; Reaktionskoeffizienten).

Unser Arbeitsgebiet hat sich in den letzten Jahrzehnten in Physik, Chemie, Materialwissenschaften, Molekularbiologie rasant entwickelt, ist aber in der Welt der Angewandten Mathematik – im Vergleich zu anderen Anwendungsgebieten – bisher noch vergleichsweise wenig verankert. Deshalb setzen wir uns besonders für Nachwuchswissenschaftler im Bereich molekularer Systeme ein und möchten ihnen ein Forum bieten, in dem sie mathematische Aspekte ihrer Arbeit präsentieren und diskutieren können.

Bei der konstituierenden Jahresversammlung wurden die folgenden Personen einstimmig gewählt: Benjamin Stamm (RWTH Aachen) als Vorsitzender des Fachausschusses, Gero Friesecke (TU München) und Reinhold Schneider (TU Berlin) als stellvertretende Vorsitzende, und Sebastian Matera (FU Berlin) als Vertreter der Nachwuchswissenschaftler im Fachausschuss.

Das nächste Jahrestreffen ist im Juli 2018 an der TU Berlin geplant. Aktuelle Informationen hierüber sowie über weitere Aktivitäten finden sich auf unserer Website <https://moansi.wixsite.com/gamm>.

JAHRESBERICHT 2017 DES GAMM-FACHAUSSCHUSSES

NUMERISCHE ANALYSIS



Lars Grasedyck



Daniel Peterseim

Der Fachausschuss Numerische Analysis wurde in diesem Jahr neu gegründet mit dem Ziel, die Entwicklung moderner Methoden für die numerische Simulation in Ingenieursanwendungen aus der Mathematik heraus voranzutreiben und die bestehenden Brücken zwischen diesen Disziplinen zu stärken.

Der Ausschuss sieht sich in der Tradition früherer Fachausschüsse zur Numerik partieller Differentialgleichungen. Zu den weiteren inhaltlichen Schwerpunkten zählen mehrskalige Probleme und Methoden, numerische und algorithmische Modellierung, selbstadaptive Verfahren, sowie hochdimensionale und unscharfe bzw. unsichere Probleme. Der diesjährige Kickoff-Workshop am 1.-2.11.2017 in Aachen konnte diese Themenfelder bereits erfolgreich abbilden.

Zu unseren Zielen gehört es ferner, den wissenschaftlichen Nachwuchs für Fragestellungen der Numerischen Analysis

zu sensibilisieren und zu begeistern. Mit der Einbindung der GAMM-Junioren in die Planung eines Schnellkurses im Spannungsfeld adaptiver und paralleler Algorithmen haben wir bereits erste Akzente in dieser Richtung gesetzt. Für das Jahr 2018 ist neben einem Ausschuss-Treffen im Rahmen der GAMM-Jahrestagung in München ein GAMM-Workshop für Numerische Analysis (Augsburg, 10.-12. Oktober 2018) geplant. Die GAMM-Junioren sollen dabei erneut die thematische Ausgestaltung eines Schnellkurses übernehmen.

Der Fachausschuss befindet sich noch in der Aufbauphase und alle an Numerischer Analysis Interessierten sind herzlich eingeladen mitzuwirken.

Aktuelle Informationen finden sich unter: https://www.igpm.rwth-aachen.de/gamm_numerical_analysis

WISSENSCHAFTLICHE VERANSTALTUNGEN

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

Tagungsjahr 2018

89. GAMM Jahrestagung in München
19.-23.03.2018
<http://jahrestagung.gamm-ev.de/index.php/2018/2018-annual-meeting>

Weitere interessante Veranstaltungen können Sie auf den Seiten der Fachausschüsse der GAMM direkt einsehen.

Angewandte Operatortheorie
<http://www.gamm-ot.uni-wuppertal.de/>

Stochastische Optimierung in der Technik
<http://gamm-sc.mathematik.uni-karlsruhe.de/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/>

Optimierung mit partiellen Differentialgleichungen
<http://www.gamm.optpde.net>

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

Mathematische Signal- und Bildverarbeitung
<http://www3.math.tu-berlin.de/numerik/GAMM-MSIP/>

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

Angewandte und Numerische Lineare Algebra
<http://www.maths.manchester.ac.uk/gamm-anla/>

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

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

Data-driven Modeling and Numerical Simulation for Microstructured Materials
<http://www.mechbau.uni-stuttgart.de/EMMA/ag-data>

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

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

Numerische Analysis
https://www.igpm.rwth-aachen.de/gamm_numerical_analysis

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.



Foto: Peter Ulrich Hein



MITGLIED WERDEN

89th Annual Meeting

of the International Association of Applied
Mathematics and Mechanics

March 19-23, 2018
Munich, Germany



Local Organizers:

Gerhard Müller

(München, Germany)

Michael Ulbrich

(München, Germany)

Plenary Speakers:

Laura De Lorenzis (Braunschweig, Germany)

Peter Eberhard (Stuttgart, Germany)

Alexander Lion (München, Germany)

Volker Mehrmann (Berlin, Germany)

Martin Oberlack (Darmstadt, Germany)

J. Tinsley Oden (Austin, USA)

Mark Peletier (Eindhoven, Netherlands)

Joachim Weickert (Saarbrücken, Germany)

AUSSCHREIBUNG DES RICHARD-VON-MISES-PREISES DER GAMM 2019

CALL FOR NOMINATIONS FOR THE RICHARD VON MISES PRIZE OF THE INTERNATIONAL ASSOCIATION OF APPLIED MATHEMATICS AND MECHANICS (GAMM) 2019

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 oder die Preisträger/-in sollte nicht älter als 36 Jahre sein, wobei Ausfallzeiten z.B. aus familiären Gründen oder aufgrund einer Behinderung oder Krankheit angerechnet werden können.

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 2018.

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

H. C. Kuhlmann, Wien (2013 – 2018)
 B. Jacob, Wuppertal (2017 – 2022)
 R. Lammering, Hamburg (2017 – 2022)
 C. Wieners, Karlsruhe (2017 – 2022)

Präsidentin der GAMM
 Heike Faßbender,
 Braunschweig (Vorsitz) (2017-2019).

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 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 except if he or she had downtimes, e.g. for family reasons or because of a disability or illness.

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, 2018.

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

Präsidentin: **Prof. Heike Faßbender**
Technische Universität Braunschweig,
Institut Computational Mathematics,
AG Numerik, Pockelsstr. 14,
38106 Braunschweig

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

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

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

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

Weitere Mitglieder des Vorstandsrates

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

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

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

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

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

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

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

Prof. Rolf Lammering
Helmut-Schmidt-Universität der Bundeswehr Hamburg
Fachbereich Maschinenbau, Institut für Mechanik,
22039 Hamburg

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

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

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

Prof. Christian Wieners
Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Fakultät für
Mathematik, Institut für Angewandte und Numerische
Mathematik, Arbeitsgruppe 3: Wissenschaftliches
Rechnen,
Kaiserstr. 89-93, 76133 Karlsruhe

Beratende Mitglieder des Vorstandsrates

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

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

Prof. em. Dr. rer. nat. Reinhard Mennicken
Universität Regensburg NWF I / Mathematik
93053 Regensburg

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

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

Kassenprüfer

Prof. Margareta Heilmann
Bergische Universität Wuppertal
Fachbereich 7 - Mathematik

Prof. Birgit Jacob
Bergische Universität Wuppertal
Fachbereich Mathematik und Naturwissenschaften

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. Klaus Kirchgässner (2011)
† 09. Juli 2011

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

Prof. Dr.-Ing. Erwin Stein (2011)

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

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Zierep (1999)

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

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

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

PERSONALIA

Todesfälle, wir gedenken:

Prof. Zinoviy Sheftel, Göttingen
Dr.-Ing. Volker Weißgerber, Darmstadt
Prof. Dr.-Ing. Hans Bufler, Lochham-Gräfelfing
Prof. Ivo K. Marek, Prag
Dr. Peter Schütze, Darmstadt

RUNDBRIEF READERS

Save 30% on these SIAM titles:

Foundations of Applied Mathematics, Volume 1: Mathematical Analysis

Jeffery Humpherys, Tyler J. Jarvis, and Emily J. Evans

This book provides the foundations of both linear and nonlinear analysis necessary for understanding and working in twenty-first century applied and computational mathematics. In addition to the standard topics, this text includes several key concepts of modern applied mathematical analysis that should be, but are not typically, included in advanced undergraduate and beginning graduate mathematics curricula. When used in concert with the free supplemental lab materials, this text teaches students both the theory and the computational practice of modern mathematical analysis.

2017 • Approx. xx + 689 pages • Hardcover • 978-1-611974-89-8 • List \$89.00 • Rundbrief Readers \$62.30 • OT152

Model Reduction and Approximation: Theory and Algorithms

Edited by Peter Benner, Albert Cohen, Mario Ohlberger, and Karen Willcox

Computational Science and Engineering 15

This book presents a tutorial introduction to recent developments in mathematical methods for model reduction and approximation of complex systems. It covers sampling-based methods, approximation of high-dimensional problems by low-rank tensor techniques, system-theoretic methods, and a wide range of methods drawn from typically distinct communities (sampling based, tensor based, system-theoretic).

2017 • Approx. xx + 412 pages • Softcover • 978-1-611974-81-2 • List \$99.00 • Rundbrief Readers \$69.30 • CS15

High-Gain Observers in Nonlinear Feedback Control

Hassan K. Khalil

Advances in Design and Control 31

High-gain observers are used extensively in the design of output feedback control of nonlinear systems. This book presents a clear, unified treatment of the theory of high-gain observers and their use in feedback control. It also discusses the separation principle for nonlinear systems; this differs from other separation results in the literature in that recovery of stability as well as performance of state feedback controllers is given.

2017 • Approx. viii + 324 pages • Hardcover • 978-1-611974-85-0 • List \$89.00 • Rundbrief Readers \$62.30 • DC31

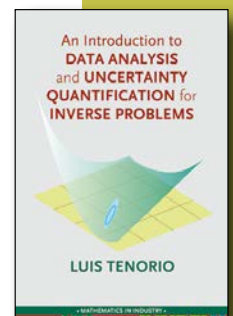
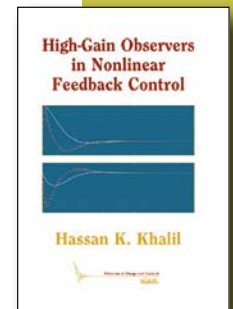
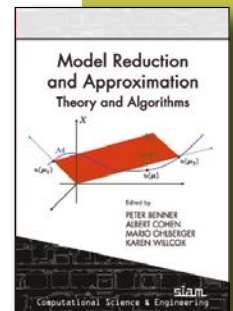
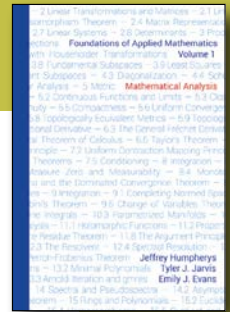
An Introduction to Data Analysis and Uncertainty Quantification for Inverse Problems

Luis Tenorio

Mathematics in Industry 03

Solutions to inverse problems are subject to many potential sources of error; thus it is important to include an assessment of the uncertainties as part of the solution. This book bridges applied mathematics and statistics by providing a basic introduction to probability and statistics for uncertainty quantification in the context of inverse problems as well as an introduction to statistical regularization of inverse problems.

2017 • Approx. x + 269 pages • Softcover • 978-1-611974-91-1 • List \$69.00 • Rundbrief Readers \$48.30 • MN03



siam SOCIETY FOR INDUSTRIAL AND APPLIED MATHEMATICS

TO ORDER, SHOP ONLINE AT bookstore.siam.org.

Use your credit card (AMEX, Discover, MasterCard, or VISA) when ordering online, by phone at +1-215-382-9800 worldwide or toll free at 800-447-SIAM in USA and Canada, or by fax at +1-215-386-7999. Send check or money order to: SIAM, Dept. BKGM17, 3600 Market Street, 6th Floor, Philadelphia, PA 19104-2688. Members and customers outside North America can order through the Eurospan Group, at Eurospanbookstore.com/siam.

Be sure to enter code "BKGM17" to get special discount price.

ORDER ONLINE: BOOKSTORE.SIAM.ORG