



Forschungsbericht 2014

Institut für Analysis und Numerik

INSTITUT FÜR ANALYSIS UND NUMERIK

Universitätsplatz 2, 39106 Magdeburg
Tel. +49 (0)391 67 18649 / 18586 / 18700, Fax +49 (0)391 67 18073
ian@uni-magdeburg.de

1. Leitung

Prof. Dr. Klaus Deckelnick
Prof. Dr. Hans-Christoph Grunau
Prof. Dr. Miles Simon
Prof. Dr. Lutz Tobiska (Geschäftsführender Leiter)
Prof. Dr. Gerald Warnecke
Priv.-Doz. Dr. Bernd Rummeler

2. Hochschullehrer

Prof. Dr. Klaus Deckelnick
Prof. em. Dr. Herbert Goering
Prof. Dr. Hans-Christoph Grunau
apl Prof. Dr. Matthias Kunik
Priv.-Doz. Dr. Bernd Rummeler
apl. Prof. Dr. Friedhelm Schieweck
Prof. Dr. Miles Simon
Prof. Dr. Lutz Tobiska
Prof. Dr. Gerald Warnecke

3. Forschungsprofil

AG Analysis (Numerische Analysis: Tobiska, Schieweck)

- Konvergenz, Stabilität und Genauigkeit von Finite Elemente Methoden für nichtlineare partielle Differentialgleichungssysteme, insbesondere in der numerischen Strömungssimulation
- Eigenschaften der Lösung singular gestörter Probleme
- A posteriori Fehlerschätzung und adaptive FEM
- Entwicklung effektiver Algorithmen zur Lösung hochdimensionaler Gleichungssysteme auf modernen Rechnerarchitekturen
- Finite Elemente Methoden zur Lösung der Navier-Stokes-Gleichungen in Gebieten mit freiem Rand und Entwicklung geeigneter Mehrgitterlöser
- Galerkin Methoden zur Lösung instationärer partieller Differentialgleichungen
- Numerische Behandlung mathematischer Modelle zur Strömungssimulation in porösen Medien

AG Analysis (Nichtlineare partielle Differentialgleichungen: Deckelnick, Grunau, Rummeler, Simon)

Randwertprobleme für Willmoreflächen

- Abschätzungen, qualitative Eigenschaften & Existenz (Deckelnick, Grunau)
- Entwicklung und Analyse numerischer Näherungsverfahren (Deckelnick)

Ricci-Fluss (Simon)

- Verhalten von Singularitäten
- Existenz und Regularität im Falle nichtglatter Anfangsdaten

Elliptische Randwertprobleme höherer Ordnung (Grunau)

- Fast-Positivität und Abschätzungen für Greensche Funktionen
- Semilineare Gleichungen mit (super-) kritischem Wachstum, Bezüge zur Differentialgeometrie

Optimalsteuerungsprobleme mit partiellen Differentialgleichungen (Deckelnick)

- Entwicklung & Analyse numerischer Näherungsverfahren
- Bezüge zu Parameteridentifikationsproblemen

Nichtlineare Evolutionsgleichungen

- Existenz, qualitative Eigenschaften & numerische Approximation für geometrische Evolutionsgleichungen (Deckelnick)
- Stabilität und Abschätzungen, Fastpositivität (Grunau / Simon)
- Existenz & Regularität bei nichtglatten Anfangsdaten (Simon)

Hydrodynamik (Rummeler)

- Eigenfunktionen des Stokes-Operators
- Laminar-turbulentes Umschlagsverhalten, Bifurkationen
- Regularität von Zerlegungsfeldern

AG Numerische Mathematik (Warnecke, Kunik)

- Konvergenz, Stabilität und Genauigkeit von Diskretisierungsverfahren (FEM, FVM, FDM, kinetische Verfahren) für partielle Differentialgleichungssysteme, Entwicklung numerischer Verfahren
- Theoretische und numerische Untersuchung von Systemen von Erhaltungsgleichungen, insbesondere in der Gasdynamik, Mehrphasengemische, laserinduzierte Gasblasen
- Riemann-Probleme für Systeme hyperbolischer Erhaltungsgleichungen, resonante Wellen, Phasenübergänge
- Analytische und Numerische Methoden für Populationsbilanzgleichungen in der Verfahrenstechnik und der Bioverfahrenstechnik, Existenz und Eindeutigkeit von Lösungen

4. Forschungsprojekte

Projektleiter: Prof. Dr. Lutz Tobiska

Projektbearbeiter: A. Hahn

Förderer: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG); 01.11.2011 - 30.11.2015

ALE-FEM für Zweiphasenströmungen mit Surfactants

Numerische Berechnungen von Zweiphasenströmungen mit oberflächenaktiven Substanzen (Surfactants) sind sehr gefragt in verschiedenen wissenschaftlichen und technischen Anwendungen. Die Anwesenheit der Surfactants erhöht die Komplexität, der ohnehin schon herausfordernden Berechnung der Zweiphasenströmung. Surfactants verändern die

Strömungsdynamik deutlich durch eine Senkung der Oberflächenspannung an der Grenzfläche. Darüber hinaus ist die Konzentration von Surfactants an der Grenzschicht oft nicht homogen wodurch Marangoni Kräfte induziert werden. Zusätzlich finden, im Falle von löslichen Surfactants, Adsorption und Desorption an der Grenzschicht und zwischen den Bulkphasen statt. Das Ziel dieses Projektes ist die Analyse und Implementierung von ALE-Finite-Elemente basierte Diskretisierung für die robuste und akurate Simulation von Zweiphasenströmungen mit löslichen und unlöslichen Surfactants im dreidimensionalen Fall.

Projektleiter: Prof. Dr. Lutz Tobiska

Projektbearbeiter: Kristin Held

Förderer: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG); 01.03.2012 - 28.02.2015

GRK 1554 Mikro-Makro-Wechselwirkungen in strukturierten Medien- und Partikelsystemen "Discretization of coupled pdes for surfacant influenced interfaces"

Das Projekt befasst sich mit der Konzentrationsverteilung von Surfactants in den Kernphasen und auf der Oberfläche. Es sind FEM -basierte Lösungsverfahren für die gekoppelten Systeme partieller Differentialgleichungen zu entwickeln und zu analysieren.

Projektleiter: Prof. Dr. Gerald Warnecke

Projektbearbeiter: M.Sc. Jared Okiro

Förderer: Deutscher Akademischer Austauschdienst e.V. (DAAD); 01.10.2010 - 31.03.2014

Discontinuous Galerkin Methods for Reaction-Diffusion Systems: A Case of Intracellular and Intercellular Calcium Dynamics

Kalzium ist ein wichtiger Botenstoff. Kalziumwellen übermitteln Signale in lebenden Zellen und nehmen an der Kommunikation zwischen Zellen teil. Die Dynamik der Konzentration von Kalziumionen ist durch einen Übergang von lokalen stochastischen Ausstößen aus Puffern zu globalen Wellen und Oszillationen gekennzeichnet. Die Modellierung der Diffusion, der Bindung und des Membrantransports von Kalziumionen führt auf ein System von Reaktions-Diffusions-Gleichungen. Diskontinuierliche Galerkin-Methoden verbinden Eigenschaften der Finite-Element-Methoden und der Finite-Volumen-Methoden. Diese robusten und genauen Methoden finden eine immer stärkere Verbreitung.

Dieses Projekt soll effiziente, zuverlässige, adaptive numerische Lösungen zu Reaktions-Diffusions-Systeme für obige Anwendungen entwickeln.

Projektleiter: Prof. Dr. Gerald Warnecke

Projektbearbeiter: Dipl.-Math. Robin Gröpler

Förderer: Weitere Stiftungen; 01.06.2013 - 31.05.2016

Numerical simulation of population balance equations and lime shaft kilns

The numerical simulation of a one-dimensional mathematical model is developed describing the lime calcination process in different types of shaft kilns. The model comprises a system of ordinary differential equations derived from mass and energy balances. A particle model for the chemical reaction is used and is connected to the energy balance equations for the gas and the solid inside the kiln taking into account the size distribution of solid particles.

This mixed initial value problem leads to a very unstable behavior of the existing numerical methods for boundary value problems. A stable numerical scheme for the solution of the equations is developed and analyzed. With this the influence of several parameters on the lime calcination process can be investigated. The results of this study can be transferred directly to the praxis for design, operation, regulation and optimization of normal shaft kilns.

Projektleiter: Prof. Dr. Gerald Warnecke

Projektbearbeiter: Dipl.-Math. Michael Rother

Förderer: Fördergeber; 01.04.2011 - 31.12.2014

Numerics of population balance equations in biology

In my field of research I deal with the evolution of distributed quantities in epidemiology. The underlying mathematical model is complex and consists of ordinary, partial differentials and integral terms. I want to develop a convergent numerical scheme solving a weakly coupled system of those partial integro differential equations approximately.

Beginning with a testcase of 2 independent variables / characteristics of such an evolution process it will be the aim to deal with a high dimensional model later on.

Projektleiter: Prof. Dr. Gerald Warnecke

Projektbearbeiter: Dr. Carlos Cueto Camejo

Kooperationen: PD Dr. Martin Falcke (MDC, Berlin)

Förderer: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG); 01.10.2013 - 30.09.2016

Simulation von "excitation contraction coupling" in ventrikulären Kardiomyozyten

Arrhythmia und Fibrillation sind führende Ursachen für Herztod. Sie können durch Alternas und arrhythmogene Prozesse auf Zellebene verursacht werden. Ca^{2+} -Dynamik ist involviert bei einigen von ihnen. Das Projekt wird zelluläre arrhythmogene Prozesse untersuchen, die zum Teil bekannt aber in ihrer Wechselwirkung wenig verstanden sind, durch die Simulation von excitation contraction coupling (ECC) in ventrikulären Kardiomyozyten.

Membrandepolarisation wird in tausenden diadischen Spalten in ein Kalziumsignal übertragen. Der große Bereich von Raum- und Zeitskalen des Problems verlangt eine Multiskalentechnik, die die Konzentration in den Spalten durch quasistatische Greensche Funktionen beschreibt, und die Reaktions-Diffusions-Prozesse im Volumen mit Finite-Element-Methoden (FEM) simuliert. Die Dynamiken der Ionenkanäle in den Spalten werden wir stochastisch simulieren. Das Membranpotentialmodell wird zelltyp- und speziesspezifisch sein. Wir werden problemspezifisches hybrid stochastisch-deterministisches Zeitschritt-Management entwickeln. Der Bereich von Raum- und Zeitskalen im Volumen erfordert räumliche und zeitliche Adaptivität der FEM. Wir werden Algorithmen für ihre gleichzeitige Nutzung erarbeiten, und lineare implizite Runge-Kutta-Methoden höherer Ordnung einsetzen, um den Anforderungen an das Zeitschritt-Management gerecht zu werden. Für die Nutzung von Hochleistungsrechnern werden wir angepasste "load balancing"-Methoden entwickeln.

Projektleiter: Prof. Dr. Gerald Warnecke

Förderer: Land (Sachsen-Anhalt); 01.05.2014 - 30.04.2017

Two phase mixture conservation laws for flows with chemical reactions

We want to use the system of two mixture conservation laws to model chemical reactions in bubble column reactors. These partial differential equations are complemented by mass balances and reaction kinetics for the chemical reactions. The aim is to develop efficient numerical methods to compute examples which come from specific experiments that are being made by cooperation partners.

Projektleiter: PD Dr. Matthias Kunik

Projektbearbeiter: M.Sc. Inaam Alshami

Förderer: Fördergeber; 01.01.2011 - 31.12.2014

Generalizing Riemann Hypothesis to L-functions

The Riemann Zeta function plays an important role in analytic number theory and has applications in physics, applied statistics and probability theory. While many of the properties of this function have been investigated, there remain important fundamental conjectures, a most notably the Riemann hypothesis: $\zeta(s)=0$ implies $\text{Re}(s)=1/2$ for positive $\text{Re}(s)$. In my thesis a functional analytical characterization of the Riemann hypothesis will be generalized to the so called L-functions.

Projektleiter: Dr. Maren Hantke

Förderer: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG); 01.11.2012 - 31.10.2015

Eulergleichungen mit Phasenübergängen

Untersucht werden Riemann-Probleme für die Eulergleichungen unter Berücksichtigung von Phasenübergängen, d.h. Kondensation und Verdampfung, sowohl für Mischungen als auch für Reinstoffe. Ziel des beantragten Projektes ist es, sämtliche mögliche Lösungsklassen zu beschreiben und in allen diesen Klassen Existenz und Eindeutigkeit der Lösung zu beweisen und die exakte Lösung zu konstruieren. Insbesondere werden auch die Fälle von Kavitation und Nukleation untersucht. Weiterhin erfolgt die Entwicklung numerischer Verfahren in allen Lösungs- und Problemklassen.

5. Veröffentlichungen

Begutachtete Zeitschriftenaufsätze

Abdelrahman, Mahmoud A. E.; Kunik, Matthias

A new front tracking scheme for the ultra-relativistic Euler equations

In: Journal of computational physics. - Orlando, Fla: Academic Press, Bd. 275.2014, S. 213-235;
[Imp.fact.: 3,184]

Abdelrahman, Mahmoud A.E.; Kunik, Matthias

The ultra-relativistic Euler equations

In: Mathematical methods in the applied sciences. - Chichester, West Sussex: Wiley, 2014; <http://dx.doi.org/10.1002/mma.3141>;

Abdelrahman, Mahmoud; Kunik, Matthias

The interaction of waves for the ultra-relativistic Euler equations

In: Journal of mathematical analysis and applications. - Amsterdam [u.a.]: Elsevier, Bd. 409.2013, 2, S. 1140-1158, 2014;
[Imp.fact.: 1,050]

Camejo, Carlos Cueto; Gröpler, Robin; Warnecke, Gerald

Regular solutions to the coagulation equations with singular kernels

In: Mathematical methods in the applied sciences. - Chichester, West Sussex: Wiley, 2014; <http://dx.doi.org/10.1002/mma.3211>;

Deckelnick, Klaus; Elliott, Charles M.; Ranner, Thomas

Unfitted finite element methods using bulk meshes for surface partial differential equations

In: SIAM journal on numerical analysis. - Philadelphia, Pa: SIAM, Bd. 52.2014, 4, S. 2137-2162;
[Imp.fact.: 1,690]

Ganesan, Sashikumar; Rajasekaran, Sangeetha; Tobiska, Lutz

Numerical modeling of the non-isothermal liquid droplet impact on a hot solid substrate

In: International journal of heat and mass transfer. - Amsterdam [u.a.]: Elsevier, Bd. 78.2014, S. 670-687;
[Imp.fact.: 2,868]

Grunau, Hans-Christoph; Lenor, Stephan

Uniform estimates and convexity in capillary surfaces

In: Nonlinear analysis. - Amsterdam [u.a.]: Elsevier, Pergamon Press Nonlinear analysis / Theory, methods and applications, Bd. 97.2014, S. 83-93;
[Imp.fact.: 1,640]

Grunau, Hans-Christoph; Sweers, Guido

A clamped plate with a uniform weight may change sign

In: Discrete and continuous dynamical systems. - Springfield, Mo: American Institute of Mathematical Sciences Discrete and continuous dynamical systems / S, Bd. 7.2014, 7, S. 761-766;

Grunau, Hans-Christoph; Sweers, Guido

In any dimension a clamped plate with a uniform weight may change sign

In: Nonlinear analysis. - Amsterdam [u.a.]: Elsevier, Pergamon Press Nonlinear analysis / Theory, methods and applications, Bd. 97.2014, S. 119-124;
[Imp.fact.: 1,640]

Han, Ee; Warnecke, Gerald

Exact Riemann solutions to shallow water equations

In: Quarterly of applied mathematics. - Providence, RI: Brown Univ, insges. 47 S., 2014;

Kumar, Rajesh; Kumar, Jitendra; Warnecke, Gerald

Convergence analysis of a finite volume scheme for solving non-linear aggregation-breakage population balance

equations

In: Kinetic and related models. - Springfield, Mo: AIMS, Bd. 7.2014, 4, S. 713-737;

Matthies, Gunnar; Tobiska, Lutz

Local projection type stabilization applied to inf-sup stable discretizations of the Oseen problem

In: IMA journal of numerical analysis. - Oxford: Oxford Univ. Press, insges. 31 S., 2014;

[Imp.fact.: 1,326]

Narni, Nageswara Rao; Peglow, Mirko; Warnecke, Gerald; Kumar, Jitendra; Heinrich, Stefan; Kuipers, J. A. M.

Modeling of aggregation kernels for fluidized beds using discrete particle model simulations

In: Particuology. - Amsterdam: Elsevier, Bd. 13.2014, S. 134-144;

[Imp.fact.: 1,648]

Ssemaganda, Vincent; Warnecke, Gerald

A note on existence and uniqueness of solutions for a thermodynamically consistent Becker-Döring model

In: Methods and applications of analysis. - Somerville, Mass: International Press, Bd. 21.2014, 2, S. 177-200;

Tobiska, Lutz

A two-level higher order local projection stabilization on hexahedral meshes

In: Applied numerical mathematics. - Amsterdam [u.a.]: Elsevier, Bd. 86.2014, S. 74-80;

[Imp.fact.: 1,207]

Nicht begutachtete Zeitschriftenaufsätze

Ern, Alexandre; Schieweck, Friedhelm

Discontinuous Galerkin method in time combined with an stabilized finite element method in space for linear first-order PDEs

In: Magdeburg: Univ., Fak. für Mathematik, 2014; 33 S. - (Preprint / Fakultät für Mathematik, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg; 2014,2);

Hantke, Maren; Thein, Ferdinand

Why condensation by compression in pure water vapor cannot occur in an approach based on fuller equations

In: Magdeburg: Univ., Fak. für Mathematik, 2014; 16 S. - (Preprint / Fakultät für Mathematik, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg; 2014,6);

Kunik, Matthias

A scaling property of farey fractions

In: Magdeburg: Univ., Fak. für Mathematik, 2014; 35 S. - (Preprint / Fakultät für Mathematik, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg; 2014,7);

Simon, Miles

Ricci flow of regions with curvature bounded below in dimension three

In: Magdeburg: Univ., Fak. für Mathematik, 2014; 15 S. - (Preprint / Fakultät für Mathematik, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg; 2014,8);

Wheeler, Glen; Simon, Miles

Some local estimates and a uniqueness result for the entire biharmonic heat equation

In: Magdeburg: Univ., Fak. für Mathematik, 2014; 29 S. - (Preprint / Fakultät für Mathematik, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg; 2014,9);

Buchbeiträge

Ganesan, Sashikumar; Rajasekaran, Sangeetha; Tobiska, Lutz

An ALE-based finite element method for the simulation of an impinging droplet on a hot surface

In: Sundar, S.: Advances in PDE modeling and computation. - Ane Books, S. 35-53, 2014;

Hantke, Maren; Thein, Ferdinand

Numerical solutions to the Riemann problem for compressible isothermal Euler equations for two phase flows with and without phase transition

In: Hyperbolic problems. - Springfield: AIMS, S. 651-658, 2014 - (AIMS on Applied mathematics; 8)

Kongress: International Conference on Hyperbolic Problems; 14 (Padova): 2012.06.25-29;

Lehrbücher

Kunik, Matthias; Skrzypacz, Piotr [author.]

Höhere Analysis durch Anwendungen lernen - Für Studierende der Mathematik, Physik und Ingenieurwissenschaften.

- Wiesbaden: Imprint: Springer Spektrum, 2014; Online-Ressource (X, 397 S. 93 Abb): online resource, ISBN 978-3-658-02266-2;

Herausgeberschaften

Benner, Peter; Findeisen, Rolf; Flockerzi, Dietrich; Reichl, Udo; Sundmacher, Kai

Large-Scale Networks in Engineering and Life Sciences. - Heidelberg [u.a.]: Springer, Imprint: Birkhäuser, 2014; Online-

Ressource (XIV, 388 p. 111 illus., 63 illus. in color): online resource - (Modeling and Simulation in Science, Engineering and Technology), ISBN 978-3-319-08437-4;

Abstracts

Bannasch, Sebastian; Frysch, Robert; Warnecke, Gerald; Rose, Georg

Optimale Relaxation der algebraischen Rekonstruktionstechnik für CT

In: 1st Conference on Image-Guided Interventions. - Magdeburg: Univ., S. 25-26, 2014

Kongress: IGIC 2014.; 1 (Magdeburg); 2014.10.13-14;

Bannasch, Sebastian; Warnecke, Gerald; Frysch, Robert; Pfeiffer, Tim; Rose, Georg

An implicit optimization approach for the Kaczmarz method applied to algebraic reconstruction techniques for computed tomography

In: 4th IMA Confernece on Numerical Linear Algebra and Optimisation. - Birmingham: Univ., S. 10, 2014

Kongress: IMA Confernece on Numerical Linear Algebra and Optimisation; 4 (Birmingham): 2014.09.03-05;

Dissertationen

Hussain, Mubashir; Tsotsas, Evangelos [Gutachter]; Warnecke, Gerald [Gutachter]

Micro-macro transactions from discrete modeling to population balances in spray fluidized bed agglomeration. - Zugl.:

Magdeburg, Univ., Fak. für Verfahrens- und Systemtechnik, Diss., 2014; Barleben: Docupoint-Verl.; XVI, 154 S.; 21 cm

- (Micro-macro transactions; 13), ISBN 978-3-86912-112-3;

Rajasekaran, Sangeetha; Tobiska, Lutz [Gutachter]; Schmidt, Jürgen [Gutachter]

Finite element simulation of an impinging liquid droplet on a hot solid substrate. - Zugl.: Magdeburg, Univ., Fak. für

Mathematik, Diss., 2014; Barleben: Docupoint-Verl.; VIII, 94 S.: graph. Darst.; 21 cm - (Micro-macro transactions; 11),

ISBN 978-3-86912-110-9;

Schlichting, Arthur; Simon, Miles [Gutachter]

Smoothing singularities of Riemannian metrics while preserving lower curvature bounds. - Magdeburg, Univ., Fak. für

Mathematik, Diss., 2014, 2013; 109 S.: graph. Darst.;