



OTTO VON GUERICKE
UNIVERSITÄT
MAGDEBURG

MATH

FAKULTÄT FÜR
MATHEMATIK

Forschungsbericht 2019

Institut für Analysis und Numerik

INSTITUT FÜR ANALYSIS UND NUMERIK

Universitätsplatz 2, 39106 Magdeburg
Tel. 49 (0)391 67 58649 / 58586, Fax 49 (0)391 67 48073
ian@uni-magdeburg.de

1. LEITUNG

Hon. Prof. Dr. Peter Benner (MPI Magdeburg)
Prof. Dr. Klaus Deckelnick
Prof. Dr. Hans-Christoph Grunau
Jun. Prof. Dr. Jan Heiland
Prof. Dr. Thomas Richter
Prof. Dr. Miles Simon (Geschäftsführender Leiter)
Prof. Dr. Gerald Warnecke
Priv.-Doz. Dr. Bernd Rummler

2. HOCHSCHULLEHRER/INNEN

Hon. Prof. Dr. Peter Benner (MPI Magdeburg)
Prof. Dr. Klaus Deckelnick
Prof. Dr. Hans-Christoph Grunau
Jun. Prof. Dr. Jan Heiland
apl. Prof. Dr. Matthias Kunik
Prof. Dr. Thomas Richter
Priv.-Doz. Dr. Bernd Rummler
apl. Prof. Dr. Friedhelm Schieweck
Prof. Dr. Miles Simon
Prof. Dr. Gerald Warnecke
im Ruhestand:
Prof. em. Dr. Herbert Goering
Prof. Dr. Lutz Tobiska

3. FORSCHUNGSPROFIL

AG Nichtlineare partielle Differentialgleichungen und geometrische Analysis: (Deckelnick, Grunau, Rummler, Simon)

Elliptische Randwertprobleme höherer Ordnung (Grunau)

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

Hydrodynamik (Rummler)

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

Nichtlineare Evolutionsgleichungen

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

Optimalsteuerungsprobleme mit partiellen Differentialgleichungen (Deckelnick)

- Entwicklung & Analyse numerischer Näherungsverfahren
- Parameteridentifikationsprobleme

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

AG Numerische Mathematik in Anwendungen (Richter)

- Analyse von Fluid-Struktur-Interaktionsproblemen mit Anwendung in der Medizin auf Höchstleistungsrechnern zur schnellen Simulation
- Einsatz adaptiver Finite Elemente Methoden zur Diskretisierung von partiellen Differentialgleichungen. Analyse dualitätsbasierter Fehlerschätzer in Ort und Zeit
- Entwurf und Analyse von effizienten numerischen Methoden zur Simulation von Multiphysik-Problemen

AG Numerische Analysis: (Tobiska, Schieweck)

- A posteriori Fehlerschätzung und adaptive FEM
- Eigenschaften der Lösung singular gestörter Probleme
- 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
- Konvergenz, Stabilität und Genauigkeit von Finite Elemente Methoden für nichtlineare partielle Differentialgleichungssysteme, insbesondere in der numerischen Strömungssimulation
- Numerische Behandlung mathematischer Modelle zur Strömungssimulation in porösen Medien

AG Numerische Mathematik (Warnecke, Kunik)

- Analytische Zahlentheorie
- Konvergenz, Stabilität und Genauigkeit von Diskretisierungsverfahren (FEM, FVM, FDM, kinetische Verfahren) für partielle Differentialgleichungssysteme, Entwicklung numerischer Verfahren
- Riemann-Probleme für Systeme hyperbolischer Erhaltungsgleichungen, resonante Wellen, Phasenübergänge
- Theoretische und numerische Untersuchung von Systemen von Erhaltungsgleichungen, insbesondere in der Gasdynamik, Mehrphasengemische

AG Numerische Methoden in der System- und Regelungstheorie (Benner, Heiland)

- Wir untersuchen dynamische Systeme mit Ein- und Ausgängen. Solche Systeme werden verwendet, um alle Arten von dynamischen Prozessen zu modellieren, die durch Kontrollen gesteuert werden und die durch

Messungen beobachtet werden können. Eine typische Aufgabe ist das Design einer Rückkopplungssteuerung, d.h. mittels der Messungen die Eingänge so zu definieren, dass das System in einen gewünschten Zustand geführt wird. Darüberhinaus muss eine Rückkopplungssteuerung schnell und robust sein, das heißt, die Übersetzung der aktuellen Messung in die Steuerungsaktion (?Aktuation?) muss in Echtzeit und zuverlässig erfolgen. Um all diesen Anforderungen gerecht zu werden, verwenden und entwickeln wir Methoden aus der mathematischen Systemtheorie, der Regelungstheorie, der Modellreduktion, der numerischen linearen Algebra und auch des wissenschaftlichen Rechnens.

4. KOOPERATIONEN

- Prof. Dr. A. Deruelle, Sorbonne (Paris, Frankreich) mit Prof. Simon
- Prof. Dr. Charles M. Elliott, University of Warwick mit Prof. Deckelnick
- Prof. Dr. Eleuterio Toro, Italien mit Prof. Warnecke
- Prof. Dr. F. Schulze, UCL London (London, Vereinigtes Königreich) mit Prof. Simon
- Prof. Dr. Guido Sweers, Universität zu Köln mit Prof. Grunau
- Prof. Dr. Shinya Okabe, Tohoku University Japan mit Prof. Grunau
- Prof. Dr. T. Lamm, KIT Universität (Karlsruhe) mit Prof. Simon
- Prof. Dr. V. Polevikov (Minsk, Belarus) mit Prof. Tobiska

5. FORSCHUNGSPROJEKTE

Projektleitung: Prof. Dr. Thomas Richter
Kooperationen: Prof. Dr. Stefan Turek, TU Dortmund; Prof. Dr. Boris Vexler, TU München; Prof. Dr. Dr. h.c. Rolf Rannacher, Universität Heidelberg
Förderer: Bund - 01.12.2016 - 31.07.2020

BlutSimOpt - Modellierung, schnelle Simulation und Optimierung von Blutströmungen mit Materialschädigung - Hämodialyse Shunts und Stenosen

Es werden numerische Methoden zur Simulation und Optimierung komplexer Blutströmungen entwickelt und benutzerfreundliche, effiziente Tools implementiert. In Zusammenarbeit mit klinischen und industriellen Partnern untersuchen wir dabei Möglichkeiten der Strömungskontrolle zur Behandlung von Gefäßerkrankungen wie Stenosen oder Aneurysmen. Dabei betrachten wir insbesondere die extremen Strömungssituationen nach dem Anlegen von arteriovenösen Shunts zur Dialysevorbereitung. Fernziel des Projekts ist es, die gewonnenen Resultate in Zusammenarbeit mit den Partnern sowohl in patientenspezifische Diagnose- und Therapieverfahren als auch in diversifizierte medizinische Produkte einfließen lassen. Zur effizienten Simulation der mechano-chemisch gekoppelten Effekte in Blutgefäßen müssen neue reduzierte Modelle entwickelt werden. Zur Abbildung der patientenspezifischen Situation werden ableitungsbasierte Verfahren zur Parameterschätzung entwickelt.

Projektleitung: Prof. Dr. Thomas Richter
Förderer: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.04.2018 - 30.09.2021

Graduiertenkolleg "Mathematische Komplexitätsreduktion" (GRK 2297/1), erfolgreicher Nachantrag

MathCoRe stands for Mathematical Complexity Reduction – a Research Training Group (RTG) located at Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg (OvGU). The RTG is a Graduiertenkolleg (DFG-GRK 2297) funded by Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG). Headed by the Faculty of Mathematics (FMA) it is run as a cooperation with the Faculty of Electrical Engineering and Information Technology (FEIT) and the Max Planck Institute for the Dynamics of Complex Technical Systems(MPI)

The combination of expertise from different mathematical areas under the theme of Complexity Reduction provides the RTG with a unique profile that specifically shapes the scientific understanding of the young

researchers graduating within the RTG. A fundamental goal of our Philosophy is to make the PhD students work on projects that connect several mathematical areas and to let them profit from supervision by two principal investigators with different mathematical backgrounds. In order to ensure the success of our doctoral students they participate in a tailored structured study program. It contains training units in form of compact courses and weekly seminars, encouraging early integration into the scientific community and networking. The current funding (from April 1, 2017 until September 30, 2021) allows the RTG to support 15 PhD students and a PostDoc to work on their respective research projects. To further promote scientific exchange there are additional PhD students and PostDocs with external funding associated. For a list of current fellows, see here. For possibilities to apply as a regular fellow, see this page.

Projektleitung: Prof. Dr. Thomas Richter
Kooperationen: Ping Lin, University of Science and Technology Beijing
Förderer: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.01.2019 - 30.06.2022

Simulation und Analysis für zeitliche Mehrskalprobleme mit partiellen Differentialgleichungen

In diesem Projekt untersuchen wir zeitliche Mehrskalprobleme mit partiellen Differentialgleichungen. Viele Anwendungen beschreiben Langzeiteffekte, etwa die Materialalterung, Materialschädigung durch Risse, biologische Musterbildungsprozess oder biologische Wachstumsprozesse. Diese Phänomene sind oft durch wichtige Kurzeiteinflüsse bestimmt.

Eine detaillierte numerische Simulation solcher Vorgänge mit etablierten Verfahren ist nicht möglich. Als Beispiel betrachten wir das Wachstum von arteriosklerotischem Plaque, welches im Zeitraum von mehreren Monaten abspielt, jedoch erheblich durch die mechanische Belastung der pulsierenden Blutströmung bestimmt ist, welche eine Auflösung von weniger als einer Sekunde bedarf. Eine direkte Simulation über lange Zeiträume mit sehr feiner Auflösung ist jenseits der Möglichkeiten.

Wir werden zeitliche Mehrskalverfahren zur Approximation dieser Probleme entwickeln, untersuchen und implementieren. Diese Methoden basieren auf einer Mittelung der schnellen Prozesse, um so eine effektive Gleichung zur Beschreibung des Langzeitverhaltens zu gewinnen.

Ein Teil des Projekts widmet sich der mathematischen Analyse von zeitlichen Mehrskalproblemen mit partiellen Differentialgleichungen. Üblicherweise kann ein Skalenparameter eingeführt werden, der das Verhältnis zwischen langsamer und schneller Skala beschreibt. Wir werden die Konvergenz der Mehrskalösung gegen die gemittelte Lösung in Hinblick auf diesen Skalenparameter untersuchen.

Im zweiten Teil werden effiziente numerische Verfahren zur schnellen Approximieren von zeitlichen Mehrskalproblemen entwickelt und implementiert. Diese Verfahren basieren auf einer effizienten Approximation der gemittelten Langzeitprobleme. Zur örtlichen Diskretisierung verwenden wir die Finite Elemente Methode, zeitliche Diskretisierung erfolgt auf Basis von Galerkin-Verfahren. Zum Erlangen effizienter Algorithmen werden wir konsequent auf adaptive Verfahren in Ort und Zeit setzen.

Die mathematische Analyse von zeitlicher Mehrskaligkeit im Zusammenhang mit partiellen Differentialgleichungen ist ein

herausforderndes Problem, welches bisher kaum systematisch untersucht wurde.

Projektleitung: Prof. Dr. Thomas Richter
Kooperationen: Siemens AG
Förderer: Industrie - 01.10.2018 - 30.09.2019

Adaptive Gitter Konzepte für Voxel-basierte Mehrgitterlöser

Erstellung einer Studie zur Realisierung von Adaptivität in neuartigen Echtzeit-Lösern in der Simulation und Optimierung mit Anwendungen der Strukturmechanik.

Gegenstand ist insbesondere die Realisierung von Stencil-Basierter, Matrixfreier Finite-Elemente Methodik auf unstrukturierten Gittern.

Projektleitung: Prof. Dr. Thomas Richter
Förderer: Deutscher Akademischer Austauschdienst e.V. (DAAD) - 01.01.2019 - 31.12.2022

Peruvian Competence Center of Scientific Computing Stärkung des wissenschaftlichen Rechnens in der Lehre in Peru

Die Angewandte Mathematik und das Wissenschaftliche Rechnen mit dem Fokus Modellbildung, Simulation und Optimierung nimmt weltweit einen zentralen und größer werdenden Stellenwert ein. Die numerische Simulation und Optimierung sind - neben dem Experiment - in vielen wissenschaftlichen Anwendungen zunehmend etabliert. Diese Entwicklung wurde in den letzten Jahrzehnten durch die Verfügbarkeit leistungsfähiger Computer und die damit verbundene mathematische Grundlagenforschung beschleunigt. Obwohl die technischen Voraussetzungen auch in Ländern wie Peru gegeben sind, ist die Disziplin Wissenschaftliches Rechnen hier noch nicht vertreten. Dies liegt an einem streng theoretischem Fokus der Mathematik in Peru, der fehlenden Ausbildung von DozentInnen in Bereichen der Angewandten Mathematik und einem resultierenden Mangel an entsprechenden Studienprogrammen.

In diesem Projekt verfolgen wir mehrere, eng verwandte Ziele: an der Universidad Nacional Agraria La Molina unterstützen wir die derzeit geplante Einrichtung eines Studiengangs Angewandte Mathematik, an der Universidad Nacional de Trujillo und der Pontificia Universidad Católica del Perú unterstützen wir die Weiterentwicklung der vorhandenen Studiengänge und die Entwicklung neuer Forschungslinien zur Stärkung des wissenschaftlichen Rechnens und etablieren Austauschprogramme mit deutschen Hochschulen. Begleitend initiieren wir mit diesen und weiteren Partnern die Einrichtung eines transregionalen Kompetenzzentrums Scientific Computing mit dem Arbeitstitel Peruvian Competence Center of Scientific Computing (PeC3), um eine Vernetzung der Player zum Schaffen von Synergien und eine nachhaltige Verstärkung der Maßnahmen zu erreichen.

Die Einrichtung und Weiterentwicklung von Studiengängen erfordert eine Schulung der DozentInnen in modernen Methoden des wissenschaftlichen Rechnens. Wesentliches Instrument hierzu sind Kurse und Workshops in Peru. Eine besondere Bedeutung kommt dem Einzug von praktischen Elementen in Lehr- und Lernformen zu. Weiter erarbeiten wir Kataloge aktueller und bewährter Literatur für die Lehre, aber werden auch geeignete Skripten, Übungsmaterialien und insbesondere gut-dokumentierte wissenschaftliche Software bereitstellen. Schließlich ist die Co-Betreuung peruanischer Abschlussarbeiten von deutscher Seite vorgesehen, um eine Internationalisierung und einen gegenseitigen Erfahrungsaustausch zu erreichen. Darüber hinaus planen wir ein Austauschprogramm, um ein gegenseitiges Begleiten und Kennenlernen von Lehrveranstaltungen sowie Verwaltungs- und Forschungsstrukturen zu ermöglichen.

Die Maßnahmen werden unter die Schirmherrschaft eines neu zu gründenden Kompetenzverbunds PeC3 gestellt, um so eine Institutionalisierung und eine Identifikation mit den Maßnahmen zu erzeugen. Dabei denken wir an einen ideellen Verbund im Sinne des WIR - Wissenschaftlichen Rechnen in Baden-Württemberg oder des NoKo - Northern German Colloquium on Applied Analysis and Numerical Mathematics, welches identitätsstiftend für das gesamte Projekt wirkt. Dieser Verbund wird weiteren interessierten Partnern in Südamerika, aber auch kooperierenden Partnern in Europa und Nordamerika offen stehen und soll langfristig

als Plattform die Aktivitäten im Bereich Wissenschaftliches Rechnen bündeln und vertreten. Durch bisher vier vom DAAD finanzierte Sommerschulen sowie der Mitarbeit bei der Etablierung von Promotionsprogrammen sind wir in Südamerika, insbesondere in Peru, bestens vernetzt und kennen die Stärken und Schwächen im Universitätssystem. Von diesem Projekt erhoffen wir uns eine strukturelle Stärkung der Lehre auf dem Gebiet des wissenschaftlichen Rechnens in Peru, die langfristig auch auf die Forschung wirkt. Wir profitieren von einer Institutionalisierung des Kontakts, welche auch zu einer Internationalisierung unserer Hochschulen und zu Austauschmöglichkeiten mit entsprechenden Studiengängen in Deutschland führt.

Projektleitung: Prof. Dr. Miles Simon
Projektbearbeitung: Dr. Jiawei Liu
Förderer: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.10.2017 - 31.12.2019

Lösungen des Ricci-Flusses mit Skalarkrümmung beschränkt in L^p

Das Ziel dieses Projektes ist es, Singularitäten des Ricci-Flusses in vier Dimensionen zu verstehen, wenn die Topologie bzw. die Geometrie eingeschränkt ist. Für vier-dimensionale Lösungen mit beschränkter Skalarkrümmung wurde folgendes in Arbeiten von R. Bamler, Q. Zhang und (unabhängig davon) dem Antragsteller gezeigt: Falls die Lösung in endlicher Zeit singular wird, dann sind die Singularitäten vom Orbifold-Typ. Weiterhin wurde in einer Arbeit des Antragstellers gezeigt, dass die Lösung mit dem Orbifold Ricci-Fluss fortgesetzt werden kann. In diesem Projekt möchten wir die Situation untersuchen, dass die Skalarkrümmung in L^p gleichmässig in der Zeit, oder durch $(T-t)^{-a}$ für ein kleines $a > 0$ zu jeder Zeit $t < T$ beschränkt ist. Wir werden zeigen, dass diese Bedingungen die Struktur von möglichen Singularitäten einschränken.

Projektleitung: Prof. Dr. Gerald Warnecke
Projektbearbeitung: M.Sc. Taj Munir
Kooperationen: PD Dr. Martin Falcke (MDC, Berlin)
Förderer: Deutscher Akademischer Austauschdienst e.V. (DAAD) - 01.04.2016 - 31.03.2019

Simulation von "excitation contraction coupling" in ventrikulären Kardiomyozyten

Weitere Förderung: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG): 1.10.2013 - 15.02.2017

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.

Projektleitung: Prof. Dr. Gerald Warnecke
Projektbearbeitung: MSc Christoph Matern, Dr. Maren Hantke
Förderer: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.07.2016 - 30.06.2019

Graduiertenkolleg 1554, Micro-Macro-Interactions in structured Media and Particle Systems

Disperse Zwei-Phasen-Strömungen mit Phasenübergängen

Sowohl in der Natur als auch in industriellen Anwendungen treten mehrkomponentige Mehrphasenströmungen auf. Die Modellierung und Simulation kompressibler Mehrphasenströmungen stellt eine interdisziplinäre Herausforderung sowohl für Mathematiker, als auch für Physiker und Ingenieure oder Chemiker dar. Die Schwierigkeiten resultieren hauptsächlich aus den Prozessen an den Phasengrenzen, insbesondere aus dem Massenübergang zwischen den einzelnen Phasen. Massentransfer erfolgt dabei sowohl durch den Phasenübergang, als auch durch chemische Reaktionen.

Obwohl die Untersuchung von Phasengrenzen z. B. zwischen Gasen und Flüssigkeiten schon seit langem Gegenstand der Forschung ist, sind die Ergebnisse in diesem Gebiet noch unzureichend und es gibt viele offene Fragen.

Im Projekt werden schwach hyperbolisch Mehrphasen-Gemischgleichungssysteme bestehend aus partiellen Differentialgleichungen analytisch diskutiert und numerisch berechnet. In den Euler-Euler-Beschreibungen werden sowohl Massen-, als auch Impuls- und Energiebilanzen einzelner Komponenten oder Phasen sowie Bilanzen für Blasenanzahldichte, Blasengröße oder das Volumen der Komponenten bzw. Phasen berücksichtigt.

Projektleitung: Prof. Dr. Gerald Warnecke
Projektbearbeitung: Dr. Maren Hantke, M.Sc. Hazem Yaghi
Förderer: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.08.2017 - 31.03.2019

Graduiertenkolleg 1554, Micro-Macro-Interactions in structured Media and Particle Systems "Mehrkomponenten-Phasenfeld-Gemischmodelle mit chemischen Reaktionen"

Im Fokus dieser Arbeit steht ein von Dreyer, Giesselmann und Kraus hergeleitetes Phasenfeld-Gemischmodell zur Beschreibung reaktiver Mehrphasen-Strömungen. Obwohl die Untersuchung von Phasengrenzen z.B. zwischen Gasen und Flüssigkeiten schon seit langem Gegenstand der Forschung ist, sind die Ergebnisse in diesem Gebiet noch unzureichend und es gibt viele offene Fragen.

Die Einführung eines Phasenfeldes erlaubt eine einfachere Behandlung der Probleme, die durch scharfe Phasengrenzen auftreten. Daher kann die angestrebte Arbeit einen wichtigen Beitrag zur Forschung im Bereich der Simulation und Modellierung kompressibler Mehrphasenströmungen leisten.

Das hier betrachtete Modell und geeignete Untermodelle sollen analytisch diskutiert und numerisch berechnet werden. Sofern möglich, sind exakte Lösungen zu konstruieren. Von besonderem Interesse sind die Quellterme des Modelles, die chemische Reaktionen und Phasenübergänge beschreiben. Umfangreiche Vergleiche mit anderen Modellen in der Literatur und experimentellen Daten werden durchgeführt. Hierzu soll eine Kooperation mit der Arbeitsgruppe von Prof. Thévenin (OvGU Verfahrenstechnik) im Rahmen des Kollegs erfolgen.

Projektleitung: Prof. Dr. Gerald Warnecke
Förderer: Sonstige - 01.01.2019 - 31.12.2021

Advanced Numerical Methods for Nonlinear Hyperbolic Balance Laws and Their Applications

Out intention is to intensify cooperation in the mathematical field of "Advanced Numerical Methods for Nonlinear Hyperbolic Laws and Their Applications" between 11 research institutions: On the Chinese side five top universities, i.e. Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Peking University, Tsinghua University, and Xiamen University, as well as the Institute of Applied Physics and Computational Mathematics, Beijing; on the German side RWTH Aachen University, as well as the universities of Freiburg, Mainz, Magdeburg, Stuttgart and Würzburg. During the past decade individual cooperation and joint publications by specialists involved

in our project showed parallel interests and activities that should be coordinated. The main sources of such occasional contacts were international conferences, research visits, and longer exchanges of young scientists.

Fundamental mathematical research in our field has a strategic importance for many challenges in other fields of research and development, e.g. in engineering, physics and ecology. Central topics are advanced numerical methods for nonlinear hyperbolic balance laws that are particularly important for incompressible fluid flows and related systems of equations. The numerical methods we are focused on are finite volume/finite difference, discontinuous Galerkin methods, and kinetic-type schemes. There are still very basic and challenging open mathematical research problems in this field, such as multidimensional shock waves, interfaces with different phases or efficient, problem suited adaptive algorithms. Consequently, our main objective is to derive and analyze novel high-order accurate schemes that will reliably approximate underlying physical models and preserve important physically relevant properties. This combination remains an open and challenging problem and will be addressed in our project proposal.

Within this project we will establish a long-term cooperation between our groups, particularly among young scientists, in order to achieve a significant development in this field and to meet future demands from numerous practical applications. We will also take this project as basis to support each other to proceed research on higher level cooperation such as the framework of 973 in China, SFB in Germany and even the European framework.

Projektleitung: Prof. Dr. Gerald Warnecke
Projektbearbeitung: M.Sc. Adnan Hayat
Förderer: Sonstige - 01.11.2017 - 31.10.2021

Forced Periodic Non-isothermal Operation of Chromatographic Columns

Chromatography is a powerful and very selective separation and purification process exploiting specific interactions of the compounds to be separated with dedicated adsorbents. A high purity and a high yield at reasonable production rate are the main demands of scientists working in this area. Typically isothermal conditions are applied, although potential was seen already in non-isothermal operation. The temperature fluctuations were found to be partly helpful in the case of gas phase separations. However, such effects have been neglected in the liquid phase chromatography. This project focuses on optimizing the separation of two components of a liquid mixture whose concentrations are effected by the interaction and reaction with the solid phase packed inside the column. We impose a non-isothermal condition by controlling temperature variations in the column in such a way that a preceding component of the mixture is warmed up to leave the column more quickly as compared to the succeeding component which is cooled down and, thus, migrates slower. The basic model, which we will consider in the beginning, is called as equilibrium dispersive model (EDM). It incorporates the well-known mass balance equation of a column coupled with the energy balance and specific initial and boundary conditions. The aim of this project is to provide theoretical understanding of the said setup, to resolve sharp discontinuities in the absence of axial dispersion by using Riemann Problems approach, to analyze the effects of temperature fluctuations on the process, and to approximate the full nonlinear model by using a high resolution finite volume scheme. Experimental tests will be done later on in collaboration with scientists in MPI Magdeburg, who are working on experimental chromatographic processes.

6. VERÖFFENTLICHUNGEN

BEGUTACHTETE ZEITSCHRIFTENAUFsätze

Almeida Konzen, Pedro Henrique; Guidi, Leonardo Fernandes; Richter, Thomas

Quasi-random discrete ordinates method for neutron transport problems
Annals of nuclear energy - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Bd. 133.2019, S. 275-282;
[Imp.fact.: 1.38]

Barrett, John W.; Deckelnick, Klaus; Nürnberg, Robert

A finite element error analysis for axisymmetric mean curvature flow
SIAM journal on numerical analysis - Philadelphia, Pa.: SIAM, Bd. 41.2019, 6, S. 2161-2179;

Beddig, Rebekka S.; Benner, Peter; Dorschky, Ines; Reis, Timo; Schwerdtner, Paul; Voigt, Matthias; Werner, Steffen W. R.

Model reduction for secondorder dynamical systems revisited
Proceedings in applied mathematics and mechanics - Weinheim [u.a.]: Wiley-VCH, Bd. 19.2019, 1, insges. 4 S.;
[Special Issue: 90th Annual Meeting of the International Association of Applied Mathematics and Mechanics (GAMM)]

Behr, Maximilian; Benner, Peter; Heiland, Jan

Solution formulas for differential Sylvester and Lyapunov equations
Calcolo - Milano: Springer Italia, Volume 56, issue 4 (2019), article number 51, insgesamt 33 Seiten;
[Imp.fact.: 1.981]

Benner, Peter; Heiland, Jan; Werner, Steffen W. R.

Robust controller versus numerical model uncertainties for stabilization of navier-stokes equations
IFAC-PapersOnLine - Frankfurt: Elsevier, Bd. 52.2019, 2, S. 25-29;
[Konferenz: 3rd IFAC Workshop on Control of Systems Governed by Partial Differential Equations, CPDE 2019, Oaxaca, Mexico, 20-24 May 2019]

Deckelnick, Klaus; Elliott, Charles M.; Miura, Tatsu-Hiko; Styles, Vanessa

Hamilton-Jacobi equations on an evolving surface
Mathematics of computation - Providence, RI: Soc., Bd. 88.2019, 320, S. 2635-2664;
[Imp.fact.: 2.087]

Hantke, Maren; Thein, Ferdinand

On the Impossibility of First-Order Phase Transitions in Systems Modeled by the Full Euler Equations
Entropy - Basel: MDPI, Bd. 21.2019, 11, S. 1-6;
[Imp.fact.: 2.419]

Hayat, Adnan; An, Xinghai; Qamar, Shamsul; Warnecke, Gerald; Seidel-Morgenstern, Andreas

Theoretical analysis of forced segmented temperature gradients in liquid chromatography
Processes - Basel: MDPI, Volume 7 (2019), 1, Artikel 846;
[Imp.fact.: 1.963]

Ilyas Ahmad, Mian; Benner, Peter; Feng, Lihong

A new two-sided projection technique for model reduction of quadratic-bilinear descriptor systems
International journal of computer mathematics - London [u.a.]: Taylor and Francis, Bd. 96.2019, 10, S. 1899-1909;
[Imp.fact.: 1.196]

Jin, Xishen; Liu, Jiawei

The long-time behavior of modified calabi flow
The journal of geometric analysis - New York, NY: Springer, Bd. 29.2019, 1, S. 936-956;
[Imp.fact.: 0.959]

Liu, Jiawei; Zhang, Xi

Cusp KählerRicci flow on compact Kähler manifolds

Annali di matematica pura ed applicata - Berlin: Springer, Bd. 198.2019, 1, S. 289-306;

[Imp.fact.: 1.268]

Melcher, Boris; Gulyak, Boris; Wiersig, Jan

Information-theoretical approach to the many-particle hierarchy problem

Physical review - Woodbury, NY: Inst., Volume 100 (2019), 1, article 013854, insgesamt 5 Seiten;

[Imp.fact.: 2.907]

Wahl, Henry; Richter, Thomas; Lehrenfeld, Christoph; Heiland, Jan; Minakowski, Piotr

Numerical benchmarking of fluid-rigid body interactions

Computers & fluids - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Volume 193 (2019), article 104290;

[Imp.fact.: 2.223]

Warnecke, Gerald

Ein Brief von C.F. Gauß an C.L. Gerling - kleinste Fehlerquadrate und das Gauß-Seidel-Verfahren

Mathematische Semesterberichte - Berlin: Springer, 2019;

[Online first]

NICHT BEGUTACHTETE ZEITSCHRIFTENAUFsätze

Ali, Ahmad Ahmad; Deckelnick, Klaus; Hinze, Michael

Sufficient conditions for unique global solutions in optimal control of semilinear equations with C1-nonlinearity

Magdeburg: Universität, Fakultät für Mathematik, 2019, 18 Seiten, Diagramme - (Preprint; Fakultät für Mathematik, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg; 2019,Nr.02);

[Literaturverzeichnis: Seite 16-18]

Barrett, John W.; Nürnberg, Robert; Deckelnick, Klaus

A finite element error analysis for axisymmetric mean curvature flow

Magdeburg: Universität, Fakultät für Mathematik, 2019, 20 Seiten - (Preprint; Fakultät für Mathematik, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg; 2019,Nr.5);

[Literaturangaben: Seite 19-20]

Deruelle, Alix; Schulze, Felix; Simon, Miles

On the regularity of Ricci flows coming out of metric spaces

Magdeburg: Universität, Fakultät für Mathematik, 2019, 37 Seiten - (Preprint; Fakultät für Mathematik, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg; 2019,Nr.3);

[Literaturangaben: Seite 36-37]

Kröncke, Klaus; Lindblad Petersen, Oliver; Lubbe, Felix; Szabó, Áron; Marxen, Tobias; Vertman, Boris; Maurer, Wolfgang; Schnürer, Oliver C.; Meiser, Wolfgang

Mean curvature flow in asymptotically flat product spacetimes

Magdeburg: Universität, Fakultät für Mathematik, 2019, 23 Seiten - (Preprint; Fakultät für Mathematik, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg; 2019,Nr.7);

[Literaturverzeichnis: Seite 23]

Miyake, Nobuhito; Okabe, Shinya; Grunau, Hans-Christoph

Positivity of solutions to the Cauchy problem for linear and semilinear biharmonic heat equations

Magdeburg: Universität, Fakultät für Mathematik, 2019, 21 Seiten - (Preprint; Fakultät für Mathematik, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg; 2019,Nr.6);

[Literaturangaben: Seite 20-21]

Romani, Giulio; Grunau, Hans-Christoph

Unexpected differences between fundamental solutions of general higher-order elliptic operators and of products of second-order operators

Magdeburg: Universität, Fakultät für Mathematik, 2019, 29 Seiten, Diagramme - (Preprint; Fakultät für Mathematik, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg; 2019,Nr.1)

Zhang, Xi; Liu, Jiawei

Stability of the conical Kähler-Ricci flows on Fano manifolds

Magdeburg: Universität, Fakultät für Mathematik, 2019, 51 Seiten - (Preprint; Fakultät für Mathematik, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg; 2019,Nr.8);

[Literaturangaben: Seite50-51]

BEGUTACHTETE BUCHBEITRÄGE

Altmann, R.; Heiland, Jan

Continuous, semi-discrete, and fully discretised navier-stokes equations

Applications of Differential-Algebraic Equations: Examples and Benchmarks - Cham: Springer; Campbell, Stephen, S. 277-312, 2019;

Warnecke, Gerald

Zahl oder Menge - über grundlegende Formen der Mathematik

Ästhetik & Artikulation - Münster: Waxmann, S. 191-204, 2019 - (Dialog der Wissenschaften; 3)

ABSTRACTS

Melcher, Boris; Gulyak, Boris; Wiersig, Jan

An information theoretical approach to the many-particle hierarchy problem - application to quantum dot microcavity lasers

Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft e. V. Berlin 2018 - Bad Honnef: DPG, 2019, Art. HL 39.2;

[Tagung: DPG-Frühjahrstagung, Regensburg, 31. März - 05. April 2019]

DISSERTATIONEN

Denißen, Jonas; Benner, Peter [AkademischeR BetreuerIn]

On vibration analysis and reduction for damped linear systems

Magdeburg, 2019, XIX, 146 Seiten, Illustrationen;

[Literaturverzeichnis: Seite 139-146]

Kweyu, Cleophas Muganda; Benner, Peter [AkademischeR BetreuerIn]

Fast solution of the Poisson-Boltzmann equation by the reduced basis method and range-separated canonical tensor format

Magdeburg, 2019, xxix, 139 Seiten, Diagramme, 30 cm;

[Literaturverzeichnis: Seite 125-136]

Mehlmann, Carolin; Richter, Thomas [AkademischeR BetreuerIn]

Efficient numerical methods to solve the viscous-plastic sea ice model at high spatial resolutions

Magdeburg, 2019, vii, 154 Seiten, Illustrationen, Diagramme, 30 cm;

[Literaturverzeichnis: Seite 147-154]