

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. Hans-Christoph Grunau
Prof. Dr. Lutz Tobiska (Geschäftsführender Leiter)
Prof. Dr. Gerald Warnecke
Priv.-Doz. Dr. Bernd Rummler

2. Hochschullehrer

Prof. Dr. Klaus Deckelnick
Prof. em. Dr. Herbert Goering
Prof. Dr. Hans-Christoph Grunau
Priv.-Doz. Dr. Anna Dall'Acqua
Priv.-Doz. Dr. Matthias Kunik
Priv.-Doz. Dr. Bernd Rummler
apl. Prof. Dr. Friedhelm Schieweck
Prof. Dr. Miles Simon (ab SoSe 2011)
Prof. Dr. Lutz Tobiska
Prof. Dr. Guofang Wang (Gastprof. WiSe 2010/11)
Prof. Dr. Gerald Warnecke
Priv.-Doz. Dr. Jörg Wolf (Vertretungsprofessor 1.1.11 - 31.03.11)

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, Rummler, Simon, Dall'Aqua)

- Elliptische Randwertprobleme höherer Ordnung:
 - (Fast-)Positivitätseigenschaften Greenscher Funktionen
- Nichtlineare elliptische Differentialgleichungen von kritischem & superkritischem Wachstum, Bezüge zur Differentialgeometrie
- Randwertprobleme für Willmoreflächen
- Eigenwertprobleme
- Hydrodynamik (Navier-Stokes-Gleichungen)
- Eigenfunktionen des Stokes Operators (explizite Darstellungen, Vollständigkeit)
- Laminar-turbulentes Umschlagsverhalten inkompressibler Strömungen in speziellen Gebieten (direkte numerische Simulation, Bifukationsmethoden)
- Nichtlineare Evolutionsgleichungen:
 - Bezüge zur reellen und komplexen Differentialgeometrie, nichtlineare Dynamik
 - Existenz/Regularität von Lösungen mit nicht glatten Anfangswerten
- Ricci-Fluss
 - Verhalten von Singularitäten
 - Existenz im Fall nicht glatter Anfangswerte, Regularität davon
- Stabilität von Lösungen zu parabolischen Gleichungen
- Geometrische Evolutionsgleichungen: Existenz, Eindeutigkeit und Eigenschaften von Lösungen; Konvergenzanalyse numerischer Näherungsverfahren
- Konvergenzanalyse numerischer Näherungsverfahren für Optimalsteuerungsprobleme mit partiellen Differenzialgleichungen

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.-Ing. habil. Miles Simon

Projektbearbeiter: Herrn Dipl. Arthur Schlichting

Förderer: DFG; 01.04.2009 - 31.03.2012

Ricci fluss von singulären metrischen Räumen

Der Ricci-Fluss ist eine parabolische Gleichung 2. Ordnung auf einer Mannigfaltigkeit. In dem Fall, dass die Mannigfaltigkeit einfach zusammenhängend ist und Dimension drei hat, wurde dieser Fluss von R.Hamilton, G.Perelman und anderen dazu benutzt, die Richtigkeit der Poincaré-Vermutung zu beweisen.

Mithilfe des Ricci-Flusses hofft man, noch viele andere offene geometrische Fragen beantworten zu können.

Dieses Projekt hat folgende Ziele:

1. Einen Ricci-Fluss für nicht glatte Anfangsdaten zu definieren.
2. Abschätzungen herzuleiten, die nur von einfachen geometrischen Größen anhängig sind. Zu diesen geometrischen Größen gehören: Volumen, Durchmesser, untere Krümmungsschranken, Distanz.
3. Besseres Verständnis für Räume mit unteren Krümmungsschranken zu bekommen
4. Besseres Verständnis für die Singularitäten des Ricci-Flusses zu bekommen

Gegenstand des Teilprojekts von Herrn Arthur Schlichting sind Punkte 1 und 3, wobei die bisherigen Ergebnisse auch neue Informationen zu 2 und 4 liefern.

In Teil I der Arbeit beschäftigt sich Herr Schlichting mit dem Glätten geklebter Mannigfaltigkeiten. Genauer: Wir betrachten zwei Riemannsche Mannigfaltigkeiten mit Rand, wobei

- a) die Riemannschen Mannigfaltigkeiten isometrisch am Rand sind,
- b) die Summe der zweiten Fundamentalformen am Rand nichtnegativ ist
- c) die Eigenwerte des Krümmungsoperators nach unten durch K beschränkt sind.

Durch Identifikation der Ränder ('Kleben') erhält man eine Riemannsche Mannigfaltigkeit mit stetiger Metrik (vgl. A.Petrunicin, N.N. Kosovskii). Herr Schlichting hat gezeigt, dass auf der geklebten Mannigfaltigkeit glatte Metriken konstruiert werden können, so dass die Eigenwerte des Krümmungsoperators nach unten durch $K-s$ beschränkt sind, wobei s beliebig klein ist. Die geglätteten Mannigfaltigkeiten konvergieren dann in der C^0 -Norm gegen die ursprüngliche geklebte Mannigfaltigkeit.

In Teil II der Arbeit geht es speziell um den Fall $K=0$. In diesem Fall hat er gezeigt, dass ein Riccifluss der geklebten Mannigfaltigkeit existiert, der die Mannigfaltigkeit glättet, so dass die Krümmungsschranke $K=0$ erhalten wird.

Projektleiter: Prof. Dr. Lutz Tobiska

Projektbearbeiter: A. Hahn

Förderer: 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 der 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: Kovalev, Klim

Förderer: DFG; 01.06.2011 - 31.05.2013

Diffusion of magnetic particles in magnetic fluid seals

Modeling the influence of diffusion of magnetic particles on the stability of dynamic magnetic fluid seal. Analysis and simulation for noncoercive elliptic convective-diffusive problem, using mixed finite element finite volume approach.

Projektleiter: Prof. Dr. Lutz Tobiska

Projektbearbeiter: S. Rajasekaran

Kooperationen: Prof. Dr. A. Bertram; Prof. Dr. Schmidt

Förderer: DFG; 01.05.2009 - 31.12.2011

FEM für die Navier-Stokes-Gleichungen in zeitabhängigen Gebieten

Ziel des Projektes ist die Entwicklung mathematischer Algorithmen zur Simulation von Strömungen mit freien Oberflächen um feste Hindernisse. Die nicht isothermen Strömungen werden hierbei als inkompressibel angenommen. Die entwickelten Methoden sollen zum Studium des Mikroverhaltens von Tropfen bei der Sprühkühlung verwendet

werden. Das Projekt ist Bestandteil des DFG Graduiertenkollegs "Mikro-Makro-Wechselwirkungen in strukturierten Medien- und Partikelsystemen."

Projektleiter: Prof. Dr. Klaus Deckelnick

Kooperationen: Michael Hinze, Hamburg

Förderer: DFG; 01.10.2009 - 30.09.2012

Galerkin-Verfahren fuer Kontrollprobleme mit partiellen Differentialgleichungen

Das Projekt befasst sich mit der Entwicklung und Analyse von Diskretisierungen von Optimalsteuerungsproblemen, in denen die Zustandsgleichungen durch parabolische partielle Differentialgleichungen gegeben sind.

Projektleiter: Prof. Dr. Klaus Deckelnick

Projektbearbeiter: Dr. Anna Dall'Acqua, Dr. M. Bergner, Prof. Dr. Hans-Christoph Grunau, Prof. Dr. Friedhelm Schieweck

Kooperationen: PD Dr. Steffen Fröhlich (FU Berlin)

Förderer: DFG; 01.10.2008 - 31.03.2013

Randwertprobleme für Willmoreflächen - Analysis, Numerik und numerische Analysis

Die Willmoregleichung, d.h. die Euler-Lagrange-Gleichung zum Willmorefunktional, zählt zu den wichtigen und anspruchsvollen Herausforderungen der nichtlinearen Analysis: Sie ist quasilinear und von vierter Ordnung; viele aus der Theorie von Gleichungen und Systemen zweiter Ordnung her wohlbekannten Methoden versagen zu einem großen Teil. Dennoch konnten in letzter Zeit einige bemerkenswerte Fortschritte u.a. von L. Simon, E. Kuwert, R. Schätzle, T. Riviere u.a. erzielt werden. Bislang wurde das Willmorefunktional meist nur auf unberandeten kompakten Mannigfaltigkeiten studiert, da hier großer Gewinn aus globalen differentialgeometrischen Eigenschaften gezogen werden konnte. Hinsichtlich Randwertproblemen liegen erst ganz wenige Resultate vor: Die ohnehin schwierige Gewinnung von Kompaktheit / Abschätzungen wird hier nochmals komplizierter. Wir wollen mit numerischen Studien und analytischen Untersuchungen von Randwertproblemen in symmetrischen Prototypsituationen beginnen und damit eine Richtung aufzeigen, unter welchen Bedingungen zu erwarten sein wird, mit a-priori-beschränkten Minimalfolgen arbeiten und a-priori-beschränkte klassische Lösungen erhalten zu können. Es soll auch das allgemeinere und nicht mehr konform invariante Helfrich-Funktional studiert werden und mit der Analysis echt zweidimensionaler Randwertprobleme begonnen werden. Darüber hinaus sollen numerische Algorithmen und Konvergenzsätze in allgemeineren Situation entwickelt werden, z.B. für Graphen über zweidimensionalen Gebieten. Diesbezügliche Ergebnisse könnten Entwicklungen hin zu parametrisch beschriebenen Flächen vorbereiten. Im vorliegenden Projekt werden Analysis, numerische Analysis und Numerik gleichberechtigt und eng miteinander verzahnt bearbeitet. Die Analysis profitiert von den numerischen Studien, während die Numerik ganz wesentlich auf die analytischen Vorarbeiten aufbaut. Die numerische Analysis schließt sich setzt sowohl auf den numerischen als auch den analytischen Vorarbeiten auf und wirkt umgekehrt hierauf zurück.

Projektleiter: Prof. Dr. Gerald Warnecke

Projektbearbeiter: Rajesh Kumar

Kooperationen: Dr. Jitendra Kumar - IAN; Dr.-Ing. Mirko Peglow-FVST; Prof. Dr. Evangelos Tsotsas - FVST

Förderer: DFG; 01.08.2007 - 31.03.2011

GRK-Mikro-Makro-Wechselwirkungen in strukturierten Medien und Partikelsystemen "Numerical methods for population balance equations with high property space dimension"

The topic of this project is the numerical analysis and computation of population balance equations (PBEs). Aggregation and breakage PBEs can be rewritten in mass conservative form whereas growth is number conserving. Therefore, one of our aims is to achieve the coupling of all the particulate processes in such a way that both number and mass are preserved. We investigated mathematically and verified numerically schemes which are both number and mass preserving for the coupled processes. The second aim is to study the existence of approximated solution using the finite volume scheme for binary aggregation and general breakage problem. Further, we explored the stability and the convergence analysis of the method for non-linear aggregation and linear breakage problem. This is an extension of the results given by J.P. Bourgade and F. Filbet. Moreover, we also study the two-dimensional problems by using sectional methods such as the cell average and the fixed pivot techniques. The doctoral thesis was submitted in November 2010.

Projektleiter: Prof. Dr. Gerald Warnecke

Projektbearbeiter: M.Sc. Mhamad Al-Mhamad

Förderer: Sonstige; 01.04.2010 - 31.03.2013

Discontinuous Galerkin Method for Solving the Shallow Water Equations

The shallow water equations (SWE) are derived from the incompressible Navier-Stokes equations using the hydrostatic assumption and the Boussinesq approximation. The SWE are a system of coupled nonlinear partial differential equations defined on complex physical domains arising, for example, from irregular land boundaries. The discontinuous Galerkin methods (DG methods) are a form of methods for solving partial differential equations. They combine features of the continuous framework and have been successfully applied to problems arising from a wider range of applications. In this project, we formulate the discontinuous Galerkin methods (DG methods) for solving the shallow water equations (SWE) and study them using methods of numerical analysis

Projektleiter: Prof. Dr. Gerald Warnecke

Projektbearbeiter: M.Sc. Jared Okiro

Förderer: DAAD; 01.10.2010 - 30.09.2013

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

Das 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: M.Sc. Yaser Al-Kurdi

Kooperationen: FVST

Förderer: Sonstige; 01.04.2008 - 31.03.2013

Fluidized Beds

The traditional importance of heat and mass transfer in physics and engineering have led to many physical interesting and mathematically challenging problems in relation to nonlinear parabolic and hyperbolic equations. From the process engineering point of view, the fabrication and subsequent treatment of disperse products are very important. This is due to the fact that 60% of all products of the chemical industry are particles. The work is on the modeling of heat and mass transfer in gas-solid-fluidized beds with spray injection which are widely used for the formation of particles from liquid solutions or suspensions as well as for the coating of particles with solid layers for the production of functional surfaces to enhance their handling properties, e.g. instant properties, controlled release or protection for chemical reactions. Such a fluidized bed spray granulation (FBSG) system involves high heat and mass transfer and mixing properties, as well as the coupling of wetting, drying, particle enlargement, homogenization and separation processes. In FBSG, the liquid is sprayed with a nozzle as droplets on solid particles. The droplets are deposited on the particles and distributed through spreading. The solvent evaporates in the hot, unsaturated fluidization gas, thereby the solid grows in layers on the particle surface. This process is called granulation or layering (coating). The process conditions in the injection zone have a strong influence on the local particle volume concentrations, particle velocities, deposition of the liquid droplets and solidification of the solid content of the liquid and subsequent product quality. Fluidized beds are widely used to achieve either chemical reactions or physical processing that require interfacial contact between gas and particles. Heat transfer is important in many of these applications, either to obtain energy transfer between the solid and gas phases or to obtain energy transfer between the two-phase mixture and a heating/cooling medium. The latter case is particularly important for fluidized bed reactors which require heat addition or extraction in order to achieve thermal control with heats of reaction. The project aims to compute balance laws for fluidized beds with discontinuous Galerkin methods.

Projektleiter: Prof. Dr. Gerald Warnecke

Projektbearbeiter: M.Sc. Ee Han

Kooperationen: Prof. Dr. Evangelos Tsotsas - FVST

Förderer: DFG; 01.06.2009 - 31.05.2012

GRK 1554 Mikro-Makro-Wechselwirkungen in strukturierten Medien und Partikelsystemen "Analytical and numerical analysis of two phase flow"

Two phase flow, as a particular example of multiphase flow which occur commonly in nature, is an interesting and challenging field in mathematical and fluid mechanics. Since the two phase flows are characterized by interfaces, the central problem in the theory of two phase flow is the treatment of interfaces. Historically, the most straight forward model approach two phase flow is the interface model, which treats flow boundaries as a free boundary in the flow. Probably in most cases, it is not necessary and hard to get a detailed knowledge of the position of the interfaces. Therefore homogenized or averaged mixture models are a better alternative to the interface model described above. In particular for dispersed flows with a large number of droplets, bubbles or particles. In our project, we are mainly concerned with the second kind of model, which includes two continuity, two momentum, and two energy equations for both phases. The averaging of the single phase equation results in additional interaction term, which described the interaction between two systems. The generical model is a system of nonconservative hyperbolic equations. Several features make the study attractive

1. The nonconservative derivative makes the mathematical structure much more complicated than the conservative laws. How to deal with this nonconservative part is still a problem in analysis and numerical investigations.
2. The eigenvalues of the generic systems are not ordered, if two eigenvalues meet each other, the resonance phenomenon will happen. This is a open problem.
3. The well known Euler equation in a duct variable cross-section has been studied by many persons as a resonance system. Here we would like to get insight for the complete solution of the Riemann problem for the Euler equation in a duct variable cross-section, then construct a Godunov-type scheme based on afore mentioned mathematical analysis. In the end we hope to gain deeper understanding for the generical model by considering the Euler equation in a duct variable cross-section as a submodel of the generic model.

Projektleiter: Prof. Dr. Gerald Warnecke

Projektbearbeiter: M.Sc. Carlos Cueto Camejo

Förderer: Land (Sachsen-Anhalt); 01.08.2009 - 30.07.2012

International Max Planck Research School for Analysis, Design and Optimization in Chemical and Biochemical Process Engineering Magdeburg "Biological population balance equations with non-local behavior and related Hamilton-Jacobi equations"

We study models for adaptive dynamics of populations in biology that carry specific traits. In recent years models have been derived that we wish to study analytically and numerically. These are population balance equations with nonlocal terms. Asymptotic consideration lead to related Hamilton-Jacobi equations.

Projektleiter: Prof. Dr. Gerald Warnecke

Projektbearbeiter: M.Sc. Shumaila Javeed

Förderer: Land (Sachsen-Anhalt); 01.04.2010 - 31.07.2013

International Max Planck Research School for Analysis, Design and Optimization in Chemical and Biochemical Process Engineering Magdeburg "Efficient and accurate numerical simulations of non-isothermal nonlinear reactive chromatographic models"

This work is focused on the modeling and simulation of isothermal and nonisothermal nonlinear reactive chromatographic models. The models contain systems of convection-diffusion-reaction partial differential equations with dominating convective terms. The corresponding system has to be solved numerically, because analytical solutions are only possible in simple (ideal)

situations. Therefore, computational efficiency and accuracy of a numerical method are of large relevance. However, accurate numerical solutions are difficult to obtain due to the strong nonlinearity introduced by the required thermodynamic algebraic functions (isotherms). Several test problems of isothermal and non-isothermal reactive chromatographic processes are

investigated in respect of efficiency and accuracy and resolution of sharp discontinuities. The results of the proposed methods e.g., discontinues Galerkin method and finite volume Koren scheme are validated against other fluxlimiting

finite volume schemes available in the literature. The main purpose of this project is to study the thermal effects that significantly influence the conversion and separation in reactive liquid chromatography. Some instructive results were already obtained in parametric studies of non-isothermal reactive chromatography. The current ongoing study is an effort to provide more profound insights to the aspects of non-isothermal reactive chromatography and to improve the performance of the process, so that it can be scale up for industrial applications.

Projektleiter: Prof. Dr. Gerald Warnecke
Projektbearbeiter: Dipl.-Math. Michael Rother
Förderer: Sonstige; 01.11.2011 - 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: Dipl.-Math. Robin Gröpler
Kooperationen: Prof. Dr. E. Specht (FVST)
Förderer: BMWi/AIF; 01.07.2010 - 30.06.2011

Untersuchung des Einflusses der Korngrößenverteilung und der Betriebsbedingungen auf die Qualität und den Energieverbrauch beim Brennen von Kalk in Schachtöfen

Zur Herstellung von Kalk (CaO) wird der Rohstoff Kalkstein (CaCO_3) unter Hitze zersetzt, wobei Kohlendioxid (CO_2) abgespalten wird. Dieser Kalzinierungsprozess findet bei sehr hohen Temperaturen in einem Schachtofen statt. Der Kalkstein wird von oben in den Ofen eingefüllt und am unteren Ende wird der Kalk abgezogen. Heiße Gase fließen im Gegenstrom von unten nach oben und werden durch die Verbrennung von seitlich zugeführtem Brennstoff erhitzt. Damit wird der Ofen in die folgenden drei Zonen unterteilt: die Vorwärmzone, die Brennzone und die Kühlzone.

Mathematisch kann die chemische Reaktion durch eine Differentialgleichung für den Umsatzgrad beschrieben werden, die numerisch gelöst werden muss. Weiterhin gelten Energiebilanzgleichungen für die Solid- und Gastemperaturen, die den Wärme- und Massentransport beschreiben. Dies sind gekoppelte gewöhnliche Differentialgleichungen in einer räumlichen Variablen mit Anfangsbedingungen von verschiedenen Seiten des Ofens, wodurch ein System von Randwertproblemen gegeben ist.

In einem ersten Schritt wird eine monodisperse Verteilung der Kalksteine angenommen, um das allgemeine Verhalten des Prozesses zu beobachten und einen stabilen numerischen Code bereitzustellen. Hierbei wird auch der Einfluss des Wärmeverlustes durch die Wände und die axiale Wärmeleitung berücksichtigt. Diese Informationen fließen dann in die Simulation des Prozesses mit einer Korngrößenverteilung ein. Durch eine Vielzahl an Parametervariationen soll der Energieverbrauch optimiert werden.

Projektleiter: apl. Prof. Dr. Friedhelm Schieweck
Projektbearbeiter: Prof. Turek, Dr. Ouazzi, Dipl.-Math. Köster, Dr. Skrzypacz
Förderer: DFG; 01.01.2010 - 31.12.2013

Nichtkonforme Finite Elemente höherer Ordnung

Im Rahmen dieses Projektes, das gemeinsam in Magdeburg und Dortmund bearbeitet werden soll, sollen Finite Element Techniken und Mehrgitterideen für nichtkonforme Elemente höherer Ordnung weiterentwickelt, analysiert und in der Open Source Software FEATFLOW realisiert werden.

Ziel ist dabei, die von den Antragstellern, die seit mehr als 15 Jahren auf dem Gebiet der nichtkonformen FEM sowie der Anwendung auf CFD-Probleme zusammenarbeiten, in früheren Arbeiten hergeleiteten Techniken zur Diskretisierung, Stabilisierung, Adaptivität und zur schnellen Lösung mittels Mehrgittertechniken sowohl für skalare Probleme als auch für die inkompressiblen Navier-Stokes Gleichungen auf den Fall höherer Ordnung zu übertragen. Durch die Realisierung in FEATFLOW wird gleichzeitig gewährleistet, dass eine ausgereifte numerische Testumgebung vorhanden ist und dass

anhand realistischer CFD-Probleme in 2D und 3D die Qualität und numerische Effizienz dieser neuen Elementtypen bewertet werden kann.

Projektleiter: PD Dr. Matthias Kunik
Projektbearbeiter: M.Sc. Inaam Alshami
Förderer: Sonstige; 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: PD Dr. Matthias Kunik
Projektbearbeiter: M.Sc. Mahmoud Abdelrahman
Förderer: Sonstige; 01.01.2011 - 31.12.2014

On the ultra relativistic Euler equations

Relativity plays an important role in areas of astrophysics, high energy particle beams, high energy nuclear collisions, and free-electron laser technology. The equations that describe the relativistic gas dynamics are highly nonlinear. A very characteristic feature of these equations is that the energy and momentum balance law decouples from the continuity equation and thus form a hyperbolic subsystem for the pressure and velocity four-vector, the so called (\mathbf{p}, \mathbf{u}) -subsystem. In one space dimension this subsystem admits an extensive study. We also present a system of hyperbolic conservation laws which is equivalent to the ultra relativistic Euler equations. This equivalent system describes a phonon-Bose gas in terms of the energy density e and the heat flux \mathbf{Q} . In this project, we study the ultra relativistic Euler equations analytically and numerically. In more details, we study the initial value problem for the ultra relativistic Euler equations of one-dimensional, prove that a global solution exists for initial values with small variation, and use this result to investigate the asymptotic behaviour of the solution for large times, by using front tracking scheme. We use the light cone scheme to solve the ultra relativistic Euler equations numerically. Also we compare these results with front tracking scheme.

Projektleiter: Dr. Glen Wheeler
Projektbearbeiter: Dr. Wheeler, Glen
Förderer: Humboldt-Stiftung; 01.11.2010 - 31.10.2012

Singular behaviour for higher order geometric flows

Geometrische Flüsse sind grundlegende Objekte der Studie in der Variationsrechnung und der globalen Differentialgeometrie. Sie assoziieren mit einer gegebenen Mannigfaltigkeit eine glatte Familie von Verformungen, die so entwickelt sind, um die Mannigfaltigkeit zu einen idealen Zustand zu bringen. Dieser Prozess ist kompliziert und funktioniert nicht immer: Wenn diese passiert es eine Singularität genannt wird. In meiner Forschung habe ich (in Anlehnung an Ideen der Kuwert & Schätzle) versucht, Singularität besser zu verstehen. Insbesondere durch Abschätzungen (in Form von geometrischen Größen, dass nur von der ersten Mannigfaltigkeit abhängt), dass wie schnell sie formen können und klassifizieren ihre feine Struktur in bestimmten Situationen. Diese Art der Analyse, wenn erfolgreich, typischerweise Erträge globalen Informationen und erfolgreich gewesen ist mit dem Flächendiffusionsfluss, der Willmorfluss und der Helfrichfluss.

5. Veröffentlichungen

Originalartikel in begutachteten internationalen Zeitschriften

Ahmed, Naveed; Matthies, Gunar; Tobiska, Lutz

Finite elements methods of an operator splitting applied to population balance equations

In: Journal of computational and applied mathematics. - Amsterdam [u.a.]: North-Holland, Bd. 236.2011, 6, S. 1604-1621; [Link unter URL](#); 2011

[Imp.fact.: 1,030]

Braack, Malte; Schieweck, Friedhelm

Equal-order finite elements with local projection stabilization for the Darcy-Brinkman equations

In: Computer methods in applied mechanics and engineering. - Amsterdam [u.a.]: Elsevier, Bd. 200.2011, 9/12, S. 1126-1136; [Link unter URL](#); 2011

[Imp.fact.: 2,085]

Dall'Acqua, Anna; Fröhlich, Steffen; Grunau, Hans-Christoph; Schieweck, Friedhelm

Symmetric Willmore surfaces of revolution satisfying arbitrary Dirichlet boundary data

In: Advances in calculus of variations. - Berlin: de Gruyter, Bd. 4.2011, 1, S. 1-81; 2011

Deckelnick, Klaus; Elliott, Charles M. ; Styles, Vanessa

Numerical analysis of an inverse problem for the eikonal equation

In: Numerische Mathematik. - Berlin: Springer, Bd. 119.2011, 2, S. 245-269; [Link unter URL](#); 2011

[Imp.fact.: 1,388]

Deckelnick, Klaus; Hinze, Michael

Variational discretization of parabolic control problems in the presence of pointwise state constraints

In: Journal of computational mathematics. - Beijing: Chinese Acad. of Mathematics and System Sciences, Bd. 29.2011, 1, S. 1-15; [Link unter URL](#); 2011

[Imp.fact.: 0,760]

Eichel, Hagen; Tobiska, Lutz; Xie, Hehu

Supercloseness and superconvergence of stabilized low-order finite element discretizations of the Stokes problem

In: Mathematics of computation. - Providence, RI: Soc., Bd. 80.2011, 274, S. 697-722; [Link unter URL](#); 2010

[Imp.fact.: 1,598]

Giri, Ankik Kumar; Warnecke, Gerald

Uniqueness for the coagulation-fragmentation equation with strong fragmentation

In: Zeitschrift für angewandte Mathematik und Physik. - Basel [u.a.]: Birkhäuser, Bd. 62.2011, 6, S. 1047-1063;

[Link unter URL](#); 2011

[Imp.fact.: 1,092]

Gorenflo, Norbert; Kunik, Matthias

A new and self-contained presentation of the theory of boundary operators for slit diffraction and their logarithmic approximations

In: Mathematische Nachrichten. - [S.l.]: Wiley-VCH, [Abstract unter URL](#), 2011; 2011

[Imp.fact.: 0,653]

Grunau, Hans-Christoph; Robert, Frédéric; Sweers, Guido

Optimal estimates from below for biharmonic Green functions

In: American Mathematical Society: Proceedings of the American Mathematical Society. - Providence, RI: Soc., Bd. 139.2011, 6, S. 2151-2161; [Link unter URL](#); 2011

[Imp.fact.: 0,640]

Hussain, S. ; Schieweck, Friedhelm; Turek, S.

Higher order Galerkin time discretizations and fast multigrid solvers for the heat equation

In: Journal of numerical mathematics. - Berlin: de Gruyter, Bd. 19.2011, 1, S. 41-61; [Link unter URL](#); 2011

[Imp.fact.: 0,586]

Javeed, Shumaila; Qamar, Shamsul; Seidel-Morgenstern, Andreas; Warnecke, Gerald

A discontinuous Galerkin method to solve chromatographic models

In: Journal of chromatography. - Amsterdam [u.a.]: Elsevier, Bd. 1218.2011, 40, S. 7137-7146; [Link unter URL](#); 2011

[Imp.fact.: 4,194]

Knobloch, Petr; Tobiska, Lutz

On the stability of finite-element discretizations of convection-diffusion-reaction equations

In: Institute of Mathematics and Its Applications: IMA journal of numerical analysis. - Oxford: Oxford Univ. Press, Bd. 31.2011, 1, S. 147-164; [Link unter URL](#); 2009
[Imp.fact.: 1,824]

McCoy, James; Wheeler, Glen; Williams, Graham

Lifespan theorem for constrained surface diffusion flows

In: Mathematische Zeitschrift. - Berlin: Springer, Bd. 269.2011, 1/2, S. 147-178; [Link unter URL](#); 2011
[Imp.fact.: 0,819]

Polevikov, Viktor; Tobiska, Lutz

ADI approach to the particle diffusion problem in magnetic fluids

In: Mathematical modelling and analysis. - Vilnius: Technika, Bd. 16.2011, 1, S. 62-71; [Link unter URL](#); 2011

Simon, Miles

Ricci flow of non-collapsed three manifolds whose Ricci curvature is bounded from below

In: Journal für die reine und angewandte Mathematik. - Berlin: de Gruyter, [Abstract unter URL](#); 2011
[Imp.fact.: 1,200]

Ssemaganda, Vincent; Holstein, Katharina; Warnecke, Gerald

Uniqueness of steady-state solutions for thermodynamically consistent Becker-Döring models

In: Journal of mathematical physics. - Melville, NY: American Institute of Physics, Bd. 52.2011, 8, insges. 28 S.; [Link unter URL](#); 2011
[Imp.fact.: 1,291]

Wheeler, Glen

Lifespan Theorem for simple constrained surface diffusion flows

In: Journal of mathematical analysis and applications. - Amsterdam [u.a.]: Elsevier, ISSN 0022-247x, Bd. 375.2011, 2, S. 685-698; [Link unter URL](#); 2011
[Imp.fact.: 1,174]

Dissertationen

Ahmed, Naveed

Stabilized finite element methods applied to transient convection-diffusion-reaction and population balance equations. - Magdeburg, Univ., Fak. für Mathematik, Diss., 2011; VI, 128 S.: graph. Darst.; 2011

Kumar, Rajesh

Numerical analysis of finite volume schemes for population balance equations. - Magdeburg, Univ., Fak. für Mathematik, Diss., 2011; [Link unter URL](#); VIII, 134 S.: graph. Darst.; 30 cm; 2011

Ssemaganda, Vincent

The dynamics of the Becker-Döring model of nucleation. - Magdeburg, Univ., Fak. für Mathematik, Diss., 2011; VI, 126 S.: graph. Darst.; 2011