

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 Rummier

2. Hochschullehrer

Prof. Dr. Klaus Deckelnick
Prof. em. Dr. Herbert Goering
Prof. Dr. Hans-Christoph Grunau
Priv.-Doz. Dr. Matthias Kunik
Priv.-Doz. Dr. Bernd Rummier
apl. Prof. Dr. Friedhelm Schieweck
Prof. Dr. Lutz Tobiska
Prof. Dr. Guofang Wang (Gastprof. WiSe 2010/11)
Prof. Dr. Gerald Warnecke
Priv.-Doz. Dr. Jörg Wolf (Vertretungsprof. 1.10.10-31.12.10)
Prof. Dr. Rico Zacher (Vertretungsprof. 1.1.10-30.9.10)

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

AG Analysis (Nichtlineare partielle Differentialgleichungen: Deckelnick, Grunau, Rummier, Wang)

- Nichtlineare elliptische Probleme:

- Kritisches Wachstum, Bezüge zur reellen und komplexen Differentialgeometrie sowie zur Mechanik
- Nichtlineare Evolutionsgleichungen:
 - Bezüge zur reellen und komplexen Differentialgeometrie, nichtlineare Dynamik
- Gleichungen der Hydrodynamik
- Eigenwertprobleme
- Freie Randwertprobleme
- Nichtlineare Funktionalanalysis
- Hydrodynamik (Navier-Stokes-Gleichungen)
- Nichtlineare elliptische Randwertprobleme, Bezüge zur Mechanik
- Analytische Untersuchung qualitativer Eigenschaften von Lösungen
- Nichtlineare partielle Differentialgleichungen (Existenz, Regularität und Einzigkeit von Lösungen)
- Eigenfunktionen des Stokes Operators (explizite Darstellungen, Vollständigkeit)
- Nichtlineare Funktionenanalysis (Operator-Kommutatoren, pseudomonotone Operatoren)
- Laminar-turbulentes Umschlagsverhalten inkompressibler Strömungen in speziellen Gebieten (direkte numerische Simulation, Bifukationsmethoden)
- Geometrische Evolutionsgleichungen: Existenz, Eindeutigkeit und Eigenschaften von Lösungen; Konvergenzanalyse numerischer Näherungsverfahren
- Freie Randwertprobleme
- Navier-Stokes-Gleichungen (Stabilität kompressibler Strömungen; Kontrolltheorie für inkompressible Strömungen)
- Vollständig nichtlineare Gleichungen aus der konformen Geometrie
- Sasaki-Ricci-Fluss und Sasaki-Einstein Mannigfaltigkeiten

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
- Numerische Methoden für Populationsbilanzgleichungen in der Verfahrenstechnik und der Bioverfahrenstechnik

4. Forschungsprojekte

Projektleiter: Prof. Dr. Lutz Tobiska

Projektbearbeiter: Sergey Beresnev

Kooperationen: Prof. Dr. V. Polevikov (Minsk, Belarus)

Förderer: DAAD; 17.12.2007 - 17.12.2011

Einfluß der Verteilung ferromagnetischer Teilchen auf die Oberflächenform magnetischer Fluide

Bei der numerischen Simulation freier Oberflächen magnetischer Fluide wurde bislang vorausgesetzt, dass die ferromagnetischen Teilchen in der Flüssigkeit gleichverteilt sind. Diese Annahme ist jedoch innerhalb von Magnetfeldern mit starken Gradienten nicht gegeben. Ziel des Projektes ist es, an ausgewählten Beispielen den Effekt der Teilchendiffusion auf die Gestalt der freien Oberfläche zu studieren.

Projektleiter: Prof. Dr. Lutz Tobiska

Projektbearbeiter: Dr. S. Ganesan, Dr. H. Xie

Kooperationen: Prof. Dr. Hackbusch (MPI Leipzig), Prof. Dr. John (Uni Saarbrücken), Prof. Dr. K. Sundmacher, Prof. Dr. Kienle

Förderer: Bund; 01.07.2007 - 30.06.2010

Gekoppelte Simulation von Partikelpopulationen in turbulenten Strömungen

Im Verbundprojekt werden neue Methoden der angewandten Mathematik zur Behandlung gekoppelter Populationsbilanzen in Strömungsfeldern entwickelt und zur modellgestützten Analyse und Führung eines industriellen Kristallisationsprozesses genutzt. Die Ergebnisse der mathematischen Methodenentwicklung und deren Übertragung auf den industriellen Prozeß sollen über die Know-How-Transfer-Kette der Verbundpartner zur Analyse und Verbesserung von partikelbildenden strömungssensitiven Verfahrensprozessen eingesetzt werden.

Projektleiter: Prof. Dr. Lutz Tobiska

Projektbearbeiter: Dipl.-Math. Sangeetha Rajasekaran

Förderer: DFG; 01.08.2006 - 28.02.2010

Hochauflösende numerische Verfahren für dynamische Zweiphasensysteme mit Surfactants

In vielen zweiphasigen Prozessen spielen grenzflächenaktive Substanzen wie z. B. Tenside, sogenannte Surfactants (surface active agents), eine wesentliche Rolle. Diese lagern sich an der Grenzfläche eines Fluids an und verändern seine Grenzflächenspannung. Dadurch entstehen die Marangoni-Kräfte, die zu einem veränderten Strömungsverhalten nahe der Grenzfläche führen. Ziel des Projektes ist die Entwicklung, Analyse und Implementation hochauflösender numerischer Verfahren, um die Dynamik der sich wechselseitig beeinflussenden Prozesse besser verstehen zu können. Die Modellierung basiert auf den inkompressiblen Navier-Stokes Gleichungen für beide Phasen, je einer zusätzlichen Bilanz für die Konzentration des Surfactants in den Kernphasen und auf der Grenzfläche, einer thermodynamischen Gleichgewichtsbeziehung und einem Gesetz, das die Abhängigkeit der Grenzflächenspannung von der Grenzflächenkonzentration des Surfactants beschreibt. Numerisch erfordert die Bilanz der oberflächenaktiven Substanzen - mathematisch gesehen eine dynamische Randbedingung - eine sehr genaue Auflösung der dynamisch bewegten Grenzfläche, die durch isoparametrische finite Elemente höherer Ordnung und eine ALE-(Arbitrary-Lagrangian-Eulerian)-Formulierung der Gleichungen in den Kernbereichen erzielt werden soll.

Projektleiter: Prof. Dr. Lutz Tobiska

Projektbearbeiter: Dipl.-Math. Stephan Schütze

Kooperationen: Dr. P. Knobloch, Associate Prof. (Faculty of Mathematics and Physics, Charles University Praha)

Förderer: DFG; 01.04.2007 - 31.05.2010

Numerical simulation of the interactions between a ferrofluid and an immersed permanent magnet

This project is devoted to the numerical modelling of interactions between a ferrofluid with a free surface and a permanent magnet immersed in this ferrofluid.

It is a highly nonlinear problem involving the numerical simulation of magnetic fields, incompressible fluid flow and rigid body motion. All these components influence each other and both the position of the rigid bodies and the form of the domain occupied by the ferrofluid are generally not known in advance.

The goal is to develop robust, accurate and efficient solvers for problems of the mentioned type. This will include research on linearization strategies, time stepping techniques, discretization concepts and efficient solvers for the arising large sparse systems of linear equations. In addition, appropriate tools for handling the moving boundaries have to be developed.

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 wohlbekanntes 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. Hans-Christoph Grunau

Projektbearbeiter: Dr. Anna Dall'Acqua; Prof. Dr. Klaus Deckelnick; apl. 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 wohlbekanntes 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 method (DG methods) is 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. Kienle

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: Ankik Kumar Giri

Kooperationen: Dr. Jitendra Kumar - IAN

Förderer: Land (Sachsen-Anhalt); 01.10.2007 - 30.09.2010

International Max Planck Research School for Analysis, Design and Optimization in Chemical and Biochemical Process Engineering Magdeburg "Mathematical Theory for the Dynamics of Coagulation-Fragmentation Equations for Process Engineering"

We are considering coagulation-fragmentation equations which are a type of partial integro-differential equations. For these we are considering typical questions of mathematical and numerical analysis. The coagulation-fragmentation equations model the dynamics of cluster growth and describe the time evolution of a system of clusters under the combined effect of coagulation and fragmentation. Each cluster is identified by its size (or volume) which is assumed to be a positive real number. From a physical point of view the basic mechanisms taken into account are the coalescence of two clusters to form a larger one and the breakage of clusters into smaller ones. These models are of substantial interest in many areas of science: colloid chemistry, aerosol physics, astrophysics, polymer science, oil recovery dynamics, fluidized bed granulation processes, mathematical biology etc. Several researchers derived existence and uniqueness results for solutions to coagulation equations with binary fragmentation. However, the case of multiple fragmentation was mostly neglected. We established the existence of solutions to coagulation equations with multiple fragmentation for a large class of kernels which relies on the weak L1 compactness methods applied to suitably chosen approximating equations. The question of uniqueness was also considered and a new result was established. Recently, we gave the convergence analysis of the fixed pivot technique given by S. Kumar and Ramkrishna for solving the nonlinear coagulation population balance equations. In a sequel to this work, we also study the convergence analysis of the cell average technique given by J. Kumar et al. for nonlinear coagulation population balance equation and compared the mathematical and numerical observations with those for the fixed pivot technique. It is observed that the cell average technique gives a better performance than the fixed pivot technique on non-uniform grids. The doctorate was successfully completed in November 2010.

Projektleiter: Prof. Dr. Gerald Warnecke

Projektbearbeiter: M.Sc. Bolaji James Adesokan

Kooperationen: Prof. Dr. Kienle

Förderer: Land (Sachsen-Anhalt); 01.10.2008 - 30.09.2011

International Max Planck Research School for Analysis, Design and Optimization in Chemical and Biochemical Process Engineering Magdeburg "Population balance models in bio-process engineering"

During vaccine production, optimal production of viruses in a bioreactor is desirable. Mathematical modeling of viruses becomes a natural choice to achieve this aim. In this project, a model for interaction between the Influenza A virus and its host is considered. It's a differential equation, which does not only assume dependence on current time but also includes a time lag. Our task is to develop a robust numerical algorithm for solving the evolved delay differential equations (DDEs). Also, from the theoretical point of view many intriguing properties of the model will be treated because the delay(lag) term in the model formulation changes the classical properties of well known solutions methods for ordinary differential equation and Partial differential equations.

Projektleiter: Prof. Dr. Gerald Warnecke

Projektbearbeiter: MSc. Ali Zein

Kooperationen: Dr. Frank Duderstadt (WIAS, Berlin), Prof. Dr. Wolfgang Dreyer (WIAS, Berlin)

Förderer: DAAD; 20.09.2007 - 20.09.2010

Numerical methods for multi-phase mixture conservation laws with phase transition

Multi-phase mixtures occur very commonly in nature and technology. Several mathematical models have been developed to describe the flow of such mixtures. But both the mathematical modelling and numerical computation of multi-phase flows are associated with certain difficulties. The difficulties in modelling concern the physical transfer processes taking place across the interface such as mass, momentum and heat transfer, and phase change. By using averaging technique of the single phase equations results additional terms, which describe those transfer processes. The exact expressions for the transfer terms are usually unknown. Also there appear differential terms that are extracted from the transfer terms that prevent the system from being in divergence form. Therefore, they are referred to as the non-conservative terms. The numerical difficulties arise the resulting model cannot be written in divergence form (conservative form) due to the existence of non-conservative terms. And in this case one cannot define a weak solution

for the systems of governing equations in the standard sense of distributions, as it is done for the systems of conservation laws. The primary goal of this project is to improve and validate numerical schemes for the solution of two-phase flow equations concerning non-conservative terms. There exist a large number of numerical methods for conservation laws which use an exact or approximate solution of the local Riemann problem at the cell interfaces. These algorithms belong to the family of Godunov-type methods. To apply these methods to two phase flows we need to improve an efficient and robust Riemann solver for the non-conservative systems. Also we need to improve an accurate methods for the discretization of the non-conservative terms. Another problem in the numerical solution of two-phase flows occurs when pure phases are present in the domain. Then for the other phase, the situation is analogous to the occurrence of vacuum in the solution of the usual fluid dynamics equations. For the Euler equations, there are two different ways to attack the problem of vacuum occurrence. One is to track the gas-vacuum interface explicitly. However in multi-D this becomes very complicated due to topological problems, like merging, breaking, and creating of the interfaces. An alternative is to admit a negligible amount of the phase, which is supposed to disappear. It is important to use a positively conservative method for the solution of the interface problems between almost pure phases. Otherwise a smallest numerical inaccuracy would lead to negative pressure or densities. The doctorate was successfully completed in 2010.

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 Schachtofen

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: Prof. Dr. Gerald Warnecke

Projektbearbeiter: Vincent Ssemaganda

Kooperationen: Prof. Dr. A. Seidel-Morgenstern, Prof. Dr. Jitendra Kumar-IIT Kharagpur, Indien

Förderer: Land (Sachsen-Anhalt); 01.10.2007 - 30.09.2010

International Max Planck Research School for Analysis, Design and Optimization in Chemical and Biochemical Process Engineering Magdeburg "The Dynamics of the Becker-Döring System of Nucleation Theory applied in Process Engineering"

In this project we study the Becker-Döring model mathematically and numerically. This model describes nucleation process of droplets in gas, crystals in solutions or liquid droplets in a crystalline solid such as Gallium Arsenide (GaAs). It is a special case of the discrete coagulation-fragmentation equations. It has several applications including suspensions, aerosols, enantiomer crystallization etc. One of the objectives is to extend some results on existence and uniqueness of solutions. Furthermore, efficient computation of solutions through metastable phases is a big challenge due to a very large system of equations required to exhibit the metastability. Our aim is to provide a computationally

efficient numerical method for solving the model. Regarding efficient computation, one possibility could be model reduction in such a way that over all balances like mass conservation and the total number of aggregates are accurate enough. The model reduction idea relies on considering computation of only a few concentrations. This leads to the inconsistency of the moments, that is, poor prediction of total aggregates and break down of mass conservation. In order to overcome inconsistency of the numerical method one can use the idea of the cell average technique which is well known for solving a general aggregation-breakage equation. This technique predicts the complete density distribution as well as the moments of the distribution very accurately by considering only a few grid points for the computation.

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: apl. Prof. Dr. Friedhelm Schieweck

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

Kooperationen: PD Dr. Steffen Fröhlich

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 wohlbekanntesten 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.

5. Veröffentlichungen

Originalartikel in begutachteten internationalen Zeitschriften

Bergner, Matthias; Dall'Acqua, Anna; Fröhlich, Steffen

Symmetric Willmore surfaces of revolution satisfying natural boundary conditions

In: Calculus of variations and partial differential equations. - Berlin: Springer, Bd. 39.2010, 3/4, S. 361-378;
[Link unter URL](#); 2010
[Imp.fact.: 0,931]

Dall'Acqua, Anna; Solovej, Jan Philip

Excess charge for pseudo-relativistic atoms in Hartree-Fock theory

In: Documenta mathematica. - Bielefeld, Bd. 15.2010, S. 285-345; [Abstract unter URL](#); 2010

Deckelnick, Klaus; Dziuk, Gerhard; Elliott, Charles M. ; Heine, Claus-Justus

An h-narrow band finite-element method for elliptic equations on implicit surfaces

In: Institute of Mathematics and Its Applications: IMA journal of numerical analysis. - Oxford: Oxford Univ. Press, Bd. 30.2010, 2, S. 351-376; [Link unter URL](#); 2010

[Imp.fact.: 1,824]

Ganesan, Sashikumar; Tobiska, Lutz

Stabilization by local projection for convection-diffusion and incompressible flow problems

In: Journal of scientific computing. - New York, NY [u.a.]: Plenum Press, Bd. 43.2010, 3, S. 326-342; [Link unter URL](#); 2010

[Imp.fact.: 1,175]

Gazzola, Filippo; Grunau, Hans-Christoph; Sweers, Guido

Optimal Sobolev and Hardy Rellich constants under navier boundary conditions

In: Annali di matematica pura ed applicata. - Heidelberg: Springer, Bd. 189.2010, 3, S. 475-486; [Link unter URL](#); 2010

[Imp.fact.: 0,901]

Grunau, Hans-Christoph; Robert, Frédéric

Positivity and almost positivity of biharmonic Green's functions under Dirichlet boundary conditions

In: Archive for rational mechanics and analysis. - Berlin: Springer, Bd. 195.2010, 3, S. 865-898; [Link unter URL](#); 2010

[Imp.fact.: 2,371]

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

Efficient and accurate numerical simulation of nonlinear chromatographic processes

In: Computers & chemical engineering. - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, [Abstract unter URL](#); 2010

[Imp.fact.: 1,808]

Kumar Giri, Ankik; Kumara, Jitendra; Warnecke, Gerald

The continuous coagulation equation with multiple fragmentation

In: Journal of mathematical analysis and applications. - Amsterdam [u.a.]: Elsevier, ISSN 0022-247x, Bd. 374.2010, 1, S. 71-87; [Link unter URL](#); 2010

[Imp.fact.: 1,225]

Kumar, Jitendra; Warnecke, Gerald

A note on moment preservation of finite volume schemes for solving growth and aggregation population balance equations

In: Society for Industrial and Applied Mathematics: SIAM journal on scientific computing. - Philadelphia, Pa. : SIAM, Bd. 32.2010, 2, S. 703-713; [Link unter URL](#); 2010

[Imp.fact.: 1,157]

Lavrova, Olga; Polevikov, Viktor; Tobiska, Lutz

Numerical study of the Rosensweig instability in a magnetic fluid subject to diffusion of magnetic particles

In: Mathematical modelling and analysis. - Vilnius: Technika, Bd. 15.2010, 2, S. 223-233; [Link unter URL](#); 2010

Rüdiger, S. ; Nagaiah, Ch. ; Warnecke, Gerald; Shuai, J. W.

Calcium domains around single and clustered IP 3 receptors and their modulation by buffers

In: Biophysical journal. - Bethesda, Md. : Biophysical Soc., Bd. 99.2010, 1, S. 3-12; [Link unter URL](#); 2010

[Imp.fact.: 4,390]

Schieweck, Friedhelm

A-stable discontinuous Galerkin-Petrov time discretization of higher order

In: Journal of numerical mathematics. - Berlin: de Gruyter, Bd. 18.2010, 1, S. 25-57; [Link unter URL](#); 2010

[Imp.fact.: 0,600]

Warnecke, Gerald; Zhang, Hui

Steady states of the 1D Doi-Onsager model in the strong shear flow

In: Communications in mathematical sciences. - Somerville, Mass. : International Press, Bd. 8.2010, 3, S. 721-734; 2010

[Imp.fact.: 0,982]

Zein, Ali; Hantke, Maren; Warnecke, Gerald

Modeling phase transition for compressible two-phase flows applied to metastable liquids

In: Journal of computational physics. - Amsterdam: Elsevier, Bd. 229.2010, 8, S. 2964-2998; [Link unter URL](#); 2010

[Imp.fact.: 2,279]

Wissenschaftliche Monografien

Gazzola, Filippo; Grunau, Hans-Christoph; Sweers, Guido

Polyharmonic boundary value problems - positivity preserving and nonlinear higher order elliptic equations in bounded domains. - Lecture notes in mathematics; 1991; [Link unter URL](#); Heidelberg [u.a.]: Springer; XVIII, 423 S.: graph. Darst.; 235 mm x 155 mm, ISBN 978-3-642-12244-6, 2010

[Literaturverz. S. 397 - 413]; 2010

Buchbeiträge

Georgieva-Angelova, Katya; Edreva, Velislava; Hussain, Arshad; Skrzypacz, Piotr; Tobiska, Lutz; Seidel-Morgenstern, Andreas; Tsotsas, Evangelos; Schmidt, Jürgen

Transport phenomena in porous membranes and membrane reactors

In: Membrane reactors. - Weinheim: Wiley-VCH, ISBN 978-3-527-32039-4, S. 85-132, 2010; 2010

Kunik, Matthias

Explicit solution formulas for the acoustic diffraction problem with a slit in a hard and a soft screen

In: Continuous media with microstructure. - Berlin [u.a.]: Springer, ISBN 978-3-642-11444-1, S. 221-231; [Link unter URL](#), 2010; 2010

Mangold, Michael; Schmidt, Jürgen; Tobiska, Lutz; Tsotsas, Evangelos

Modeling of membrane reactors

In: Membrane reactors. - Weinheim: Wiley-VCH, ISBN 978-3-527-32039-4, S. 29-62, 2010; 2010

Artikel in Kongressbänden

Krasnyk, Mykhaylo Jurijowitsch; Mangold, Michael; Ganesan, S. ; Tobiska, Lutz

Reduction of a crystallizer model with internal and external coordinates by proper orthogonal decomposition

In: International Conference on Population Balance Modelling <4, 2010, Berlin>; 4th International Conference on Population Balance Modelling. - Berlin: Max-Planck-Institut für Dynamik komplexer technischer Systeme, S. 301-317
Kongress: PBM 2010; 4 (Berlin): 2010.09.15-17; 2010

Rummler, Bernd

The eigenfunctions of the stokes operator in the open unit ball and in the open spherical anulus

In: Proceedings of the 8th Asian Computational Fluid Dynamics Conference. - Hong Kong: Univ., insges. 8 S., 2010
Kongress: Asian Computational Fluid Dynamics Conference; 8 (Hong Kong): 2010.01.10-14; 2010

Habilitationen

Kühnel, Marco

Ricci-flat complex geometry and its applications. - Magdeburg, Univ., Fak. für Mathematik, Habil.-Schr., 2010; [Link unter URL](#); III, 106, 2 S.: graph. Darst.; 30 cm; 2010

Dissertationen

Giri, Anik Kumar

Mathematical and numerical analysis for coagulation-fragmentation equations. - Magdeburg, Univ., Fak. für Mathematik, Diss., 2010; [Link unter URL](#); IV, 151 S.: graph. Darst.; 2010

Zein, Ali

Numerical methods for multiphase mixture conservation laws with phase transition. - Docupoint Wissenschaft
Zugl.: Magdeburg, Univ., Fak. für Mathematik, Diss., 2010; [Link unter URL](#); Barleben: docupoint-Verl.; XI, 165 S.: graph.
Darst.; 21 cm, ISBN 978-3-86912-030-0; 2010