

*Simulation der elastoplastischen Verformung einer Metallplatte auf der Basis mathematischer Modelle und numerischer Diskretisierungsmethoden. Als solches stellt sie ein anspruchsvolles Beispiel für die in dem Teil Analysis/Numerik/Optimierung angesprochenen Anwendungen dar.  
Simulation of elastoplastic deformation of a metal plate on the basis of mathematical models and numerical discretisation methods.  
This represents a complex example of the applications addressed in the branch analysis/numerical analysis/optimisation.*

© Foto: Gerhard Starke

## Fakultät für Mathematik Faculty of Mathematics

Die Mathematik lebt auch 2016 einerseits von den Impulsen aus anderen Forschungsdisziplinen und andererseits von dem ihr eigenen Drang nach dem präzisen Verständnis abstrakter Strukturen und Zusammenhänge. Dieses Spannungsfeld macht die Besonderheit mathematischer Forschung aus, bei der Erkenntnisgewinn nur eingeschränkt planbar ist und oft unerwartet geschieht. Kooperationen mit benachbarten Fächern und mit benachbarten Universitäten sind für Mathematiker\*innen von großer Bedeutung. Mit ihren 29 Arbeitsgruppen zählt unsere Fakultät für Mathematik zu den größten in Deutschland und kann mit ihrer thematischen Breite in einigen Bereichen an der vordersten Front aktueller Forschungsentwicklungen mitwirken.

**Mathematics in 2016 still builds up on the impetus from other research disciplines on one hand and on its intrinsic urge for the precise understanding of abstract structures and connections on the other. This discrepancy is characteristic of mathematical research where knowledge gain is hardly plannable and often happens unexpectedly. Cooperative projects with neighbouring fields and universities are of great importance for mathematicians. With its 29 research groups, our Faculty of Mathematics is one of the largest in Germany. Its thematic scope means that it can contribute to the forefront of current research developments in a number of fields.**

An der Fakultät für Mathematik haben sich nach dem zu Beginn dieses Jahrzehnts erfolgten rasanten personellen Umbruch inzwischen die Konturen der neuen Forschungsschwerpunkte herausgebildet. Dabei finden sich in jedem der vier größeren thematischen Teilgebiete (Analysis/Numerik/Optimierung, Algebraische Geometrie und Arithmetik, Stochastik, Didaktik), in die sich die Fakultät grob unterteilen lässt und gemäß der sie auch räumlich im Mathe-Carrée gruppiert ist, vielfältige Forschungsprojekte mit nationaler und internationaler Sichtbarkeit. Darunter sind auch zahlreiche Beteiligungen an koordinierten Programmen der DFG wie Transregio-Sonderforschungsbereiche, Graduiertenkollegs oder Schwerpunktprogramme.

Manche dieser Arbeiten haben einen interdisziplinären Charakter, beispielsweise indem sie Problemstellungen aus den Ingenieur- oder Naturwissenschaften aufgreifen und mit darauf angepassten mathematischen Methoden behandeln. Bei anderen Forschungsvorhaben bleibt der Bezug zunächst innermathematisch, wobei auch dabei oft völlig unerwartete Querverbindungen und Anwendungsfelder auftreten. Durch die inzwischen erfolgte Etablierung der zahlreichen neu eingerichteten Arbeitsgruppen kann auch das Aufkommen an drittmittelfinanzierten Forschungsprojekten wieder an das frühere hohe Niveau anknüpfen.

Um auch Nachwuchswissenschaftler\*innen in einer frühen Phase ihrer Karriere bei der Durchführung eigenständiger Forschungsprojekte zu unterstützen, haben wir einen Postdoktorand\*innen-Preis eingerichtet, der jährlich vergeben wird. Die ersten Preisträger, die sich den Preis von 10 000 Euro für das Jahr 2016 teilen, sind Dr. Christina Krause aus der Didaktik (AG Büchter) und Dr. Wolfgang Löhr aus der Stochastik (AG Winter).

### Analysis/Numerik/Optimierung

Die Forschung im Bereich Analysis/Numerik/Optimierung deckt ein weites Feld mathematischer Fragestellungen ab, die in der Regel mit Eigenschaften von Lösungen nichtlinearer Probleme, meist in Form partieller Differentialgleichungen, zu tun haben. Oft haben diese einen konkreten Bezug zu Anwendungen in

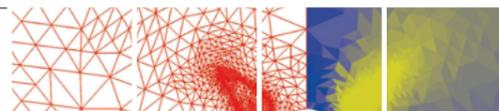
After the radical personnel change in the Faculty of Mathematics at the beginning of this decade, the outlines of the new research emphases are now clearly visible. In each of the four larger thematic branches (analysis/numerical analysis/optimization, algebraic geometry and arithmetic, stochastics, and didactics), which provide the rough subdivision of our Faculty and according to which its members are arranged in the Mathematics Carrée, diverse research projects with national and international visibility can be found. This includes numerous participations in coordinated programs of the DFG such as Transregio Collaborative Research Centres, research training groups and priority programs.

Some of these projects have an interdisciplinary character by taking up, for example, problems from the engineering or natural sciences and treating them with mathematical methods. For other research endeavours, references remain inside mathematics where they may also give rise to completely unexpected connections and application areas. The establishment of the numerous newly organized research groups which has been successfully completed in the meantime allows us to resume the former high level in terms of the amount of third-party funded projects too.

In order to support young researchers in an early phase of their career with the realization of individual research projects, we set up a Postdoc Prize which is awarded once a year. The first prizeholders, sharing the prize money of EUR 10 000 for the year 2016, are Dr. Christina Krause from didactics (AG Büchter) and Dr. Wolfgang Löhr from stochastics (AG Winter).

### Analysis/Numerical Analysis/Optimization

The research in the fields of analysis/numerical analysis/optimization covers a wide range of mathematical topics that are usually related to the properties of solutions to nonlinear problems, often in the form of partial differential equations. These problems are often closely related to applications in the natural and engineering sciences, stimulating concrete research cooperation with scientists from other faculties. This concerns, for example, applications in solid mechanics, where we develop mathematically secured methods for the modelling and simulation of



den Natur- und Ingenieurwissenschaften, woraus auch konkrete Forschungs Kooperationen mit Wissenschaftler\*innen aus anderen Fakultäten gewachsen sind. Unter anderem betrifft dies Anwendungen in der Festkörpermechanik, wo wir mathematisch abgesicherte Methoden zur Modellierung und Simulation des Materialverhaltens entwickeln, auf die von den Ingenieurskolleg\*innen zurückgegriffen wird. Bei der Mehrzahl der Arbeitsgruppen weist die Forschungsarbeit Bezüge zu mehreren der drei Fachgebiete Analysis, Numerik und Optimierung auf. Die daraus resultierende methodische Breite führt zu einer umfassenden Behandlung der Problemstellungen und wird durch enge Kooperationen zwischen einzelnen Arbeitsgruppen noch verstärkt. Unterstützt durch das 2015 eingerichtete UA Ruhr Zentrum für partielle Differentialgleichungen namens ruhr.paD wird diese Zusammenarbeit derzeit auch zu den benachbarten Universitäten aus Bochum und Dortmund intensiviert.

Eine Thematik, die in den vergangenen Jahren zunehmend ins Zentrum des mathematischen Forschungsinteresses gerückt ist, sind Variationsungleichungen. Beispielsweise lassen sich Minimierungsaufgaben unter Nebenbedingungen in dieser Form schreiben und so der mathematischen Behandlung zugänglicher machen. Die Nichtlinearität der Problemstellung ergibt sich hierbei bereits durch die Tatsache, dass die zulässige Menge nicht durch einen kompletten Vektorraum gegeben ist.

Eine dritte Möglichkeit, solche Fragestellungen zu analysieren, besteht in der Formulierung als Komplementaritätsproblem: Auf einem Teil des Definitionsbereichs sind Nebenbedingungen aktiv, auf der Komplementärmenge müssen dann die herkömmlichen Bedingungen für das Vorliegen eines Minimums erfüllt sein.

Unter anderem mit diesem Problemkreis beschäftigt sich seit Herbst 2016 das DFG-Schwerpunktprogramm SPP 1962 mit dem Titel „Non-smooth and Complementarity-based Distributed Parameter Systems: Simulation and Hierarchical Optimization“, an dem unsere Fakultät gleich mit vier Arbeitsgruppen (Clason, Rösch, Starke und Yousept) mit geförderten Teilprojekten beteiligt ist und welches von Prof. Arnd Rösch mitinitiiert wurde. Dadurch untermauert unsere Fakultät ihre führende Stellung in diesem Bereich.

material behaviour upon which our engineering colleagues build. The majority of research groups possess references to more than one of the three subareas of analysis, numerical analysis, and optimization. The resulting methodological scope leads to comprehensive handling of the problems and is enforced by the strong cooperation between individual work groups. Supported by the UA Ruhr Centre for Partial Differential Equations, ruhr.paD, this collaboration is also currently intensified towards the neighbouring universities in Bochum and Dortmund.

A specific topic which has recently moved into the centre of the mathematical research interest consists of variational inequalities. Constrained minimization problems, for instance, can be written in this form and therefore made more accessible to mathematical treatment. Here, the nonlinearity of the problem is a result of the fact that the admissible set is not given by a complete vector space.

A third possibility for analysing such questions consists of the formulation as a complementarity problem: Constraints are active on the part of the domain, implying that the conventional conditions for the presence of a minimum need to be satisfied on its complement.

This problem area is one of the topics that is addressed by the DFG priority programme SPP 1962 entitled “Non-smooth and Complementarity-based Distributed Parameter Systems: Simulation and Hierarchical Optimization” which started in autumn 2016 and was co-initiated by Prof. Arnd Rösch. Our Faculty participates in this priority programme with four research groups (Clason, Rösch, Starke and Yousept) with funded projects. This underlines the high standing of our Faculty in this field.

The joint project of Christian Clason and Arnd Rösch is concerned with the parameter identification for multiphase processes with applications in diverse fields such as climate research (cloud formation, glacier melting), material sciences (crystal growth, steel hardening) and solid mechanics (contact, damage).

In his project, Irwin Yousept works on an optimization problem associated with the Maxwell equations for the description of electromagnetic fields. It is concerned with the analytical and numerical treatment of a non-smooth hyperbolic

Das gemeinsame Projekt von Christian Clason und Arnd Rösch behandelt die Parameteridentifikation bei Mehrphasenprozessen mit Anwendungsbezug in so unterschiedlichen Bereichen wie Klimaforschung (Wolkenbildung, Gletscherschmelze), Materialwissenschaften (Kristallwachstum, Stahlvergütung) und Festkörpermechanik (Kontakt, Schädigung).

Irwin Yousept beschäftigt sich in seinem Projekt mit einem Optimierungsproblem im Zusammenhang mit den Maxwell-Gleichungen zur Beschreibung elektromagnetischer Felder. Dabei geht es um die analytische und numerische Behandlung eines nichtglatten hyperbolischen PDE-Modells, das den Magnetisierungsprozess von Supraleitern zweiter Art beschreibt.

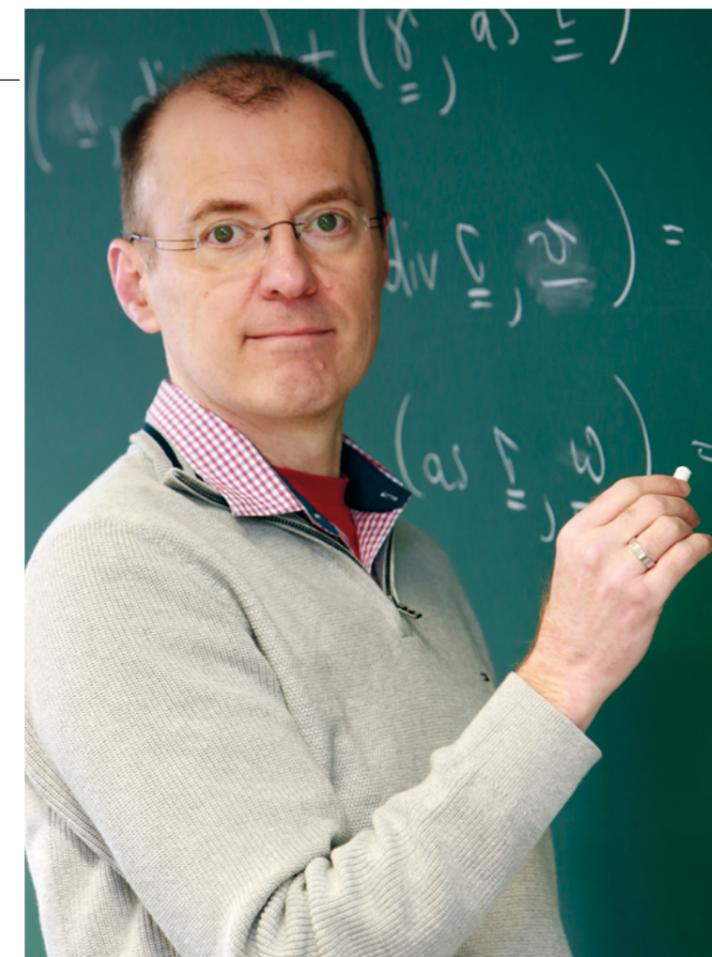
In einem gemeinsamen Projekt zu reibungsbehaftetem Kontakt elastischer Festkörper arbeitet die Arbeitsgruppe von Gerhard Starke gemeinsam mit dem von Rolf Krause geleiteten Institute of Computational Science der Università della Svizzera italiana in Lugano. Dabei werden neuartige spannungsbasierte Finite-Element-Ansätze für die auftretenden Quasi-Variationsungleichungen entwickelt.

Die vier an diesem Schwerpunktprogramm beteiligten Arbeitsgruppen bringen dabei ihre Expertise aus unterschiedlichen mathematischen Teilgebieten ein und können sich so, begünstigt durch eine regelmäßige Seminarreihe, die räumliche Nähe und eine Vielfalt internationaler Kontakte, gegenseitig unterstützen.

Darüber hinaus beschäftigt man sich in der Arbeitsgruppe „Inverse Probleme“ von Prof. Clason seit 2015 im Rahmen eines D-A-CH-Kooperationsprojektes gemeinsam mit den Projektpartnern in Würzburg und Klagenfurt mit der Regularisierung und Diskretisierung von inversen Problemen für partielle Differentialgleichungen in Banachräumen; diese Problemklasse umfasst insbesondere Parameteridentifizierungsprobleme mit struktureller a-priori-Information („sparsity“, Ganzzahligkeit etc.).

In der AG Rösch wurde ein MERCUR-Projekt zum Thema „Optimale Steuerung mechanischer Schädigungsprozesse“ gemeinsam mit den Kollegen Christian Meyer (Mathematik, TU Dortmund) und Klaus Hackl (Ingenieurwesen, RU Bochum) erfolgreich abgeschlossen.

Die bereits bestehenden wissenschaftlichen Kooperationen zwischen der Arbeitsgruppe von



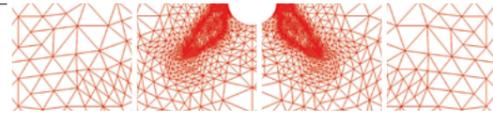
Dekan/Dean: Prof. Dr. Gerhard Starke

PDE model characterizing the magnetization process of type II superconductors.

In a joint project associated with the frictional contact of elastic solids, Gerhard Starke's research group collaborates with the Institute of Computational Science at the Università della Svizzera italiana in Lugano headed by Rolf Krause. In this context, novel stress-based finite element approaches are developed for the occurring quasi-variational inequalities.

The four groups participating in this priority programme contribute their expertise in different mathematical subareas. Supported by a regular seminar series, their spatial closeness and a variety of international contacts, this allows them, to assist each other in their work.

Moreover, since 2015, the Prof. Clason's research group “Inverse problems” has been working in collaboration with project partners from Würzburg and Klagenfurt within a D-A-CH cooperation project on the regularization and discretization of inverse problems for partial



Prof. Yousept und des Mathematischen Departments der Chinesischen Universität Hongkong (CUHK) wurden durch verschiedene Aktivitäten, wie einem erfolgreichen Antrag auf ein Alexander-von-Humboldt-Forschungsstipendium für Postdoktoranden sowie die Initiierung eines gemeinsamen Projekts im Bereich der numerischen Analyse der Maxwell-Gleichungen, verstärkt.

Im September 2016 fand in Essen ein Workshop zum Thema „Optimal Control Meets Inverse Problems“ mit 33 Teilnehmer\*innen statt, der von Christian Clason, Arnd Rösch und Irwin Yousept gemeinsam organisiert wurde.

In der AG Starke wird seit 2014 im Rahmen des DFG-Schwerpunktprogramms SPP 1748 „Reliable Simulation Techniques in Solid Mechanics“ ein gemeinsames Projekt mit dem Institut für Mechanik der UDE bearbeitet, in dem spezielle Finite-Element-Diskretisierungen für finite elasto-plastische Deformationen entwickelt werden. Methodisch steht auch hier die Entwicklung geeigneter Finite-Element-Ansatzräume zur Approximation der Spannungen im Mittelpunkt. Bedingt durch die geometrische und materielle Nichtlinearität der betrachteten Prozesse wird sowohl die analytische als auch die numerische Behandlung wesentlich schwieriger.

Diese Problematik ist auch zentraler Gegenstand der Forschung der Arbeitsgruppe „Nicht-lineare Analysis und Modellierung“ von Prof. Patrizio Neff. Ein Schwerpunkt liegt dabei im Auffinden einer geeigneten Form der zu minimierenden elastischen Energie für isotrope nichtlineare Elastizitätsmodelle. Hier konnte eine differential-geometrische Charakterisierung der Verzerrungsenergie als geodätischer Abstand des Deformationsgradienten zur Rotationsgruppe entdeckt werden.

In der Arbeitsgruppe von Georg Weiss wurden im von der DFG geförderten Projekt „Singularities of ElectroHydroDynamic Equations“ in den ElektroHydroDynamischen Gleichungen auftretende Singularitäten mit analytischen Methoden erforscht. Dazu stand mit Dr. Smit Vega Garcia eine erfahrene Postdoktorandin aus den USA zur Verfügung. Außerdem arbeitet Prof. Weiss in Kooperation mit Sagun Chanillo von unserer Partner-Universität Rutgers an der Analyse der freien Oberfläche von Neutronensternen.

differential equations in Banach spaces. Particularly, this problem class contains parameter identification problems with structural a priori information (“sparsity”, integer constraints etc.).

In the Rösch research group, a joint MERCUR project with colleagues Christian Meyer (mathematics, TU Dortmund) and Klaus Hackl (engineering, RU Bochum) on the topic of “Optimal control of mechanical damage processes” was successfully finished.

The already existing scientific cooperation between Prof. Yousept’s research group and the mathematical department of the Chinese University of Hong Kong (CUHK) was strengthened by different activities, among them a successful proposal for a postdoctoral research fellowship from the Alexander-von-Humboldt foundation and the initiation of a joint project on the numerical analysis of the Maxwell equations.

In September 2016, a workshop on the topic of “Optimal control meets inverse problems” with 33 participants took place in Essen, organized jointly by Christian Clason, Arnd Rösch and Irwin Yousept.

In the Starke research group, a joint project with the Institute of Mechanics of the UDE has been carried out since 2014 within the DFG priority programme SPP 1748 “Reliable Simulation Techniques in Solid Mechanics”. In this project, special finite element discretisations for finite elasto-plastic deformations are developed. Methodically, its focus is also the construction of appropriate finite element spaces for the approximation of stresses. Due to the geometrical and material nonlinearity of the considered processes, both the analytical and the numerical treatment are significantly more difficult.

This problem area is also a central topic of the research in Prof. Patrizio Neff’s “Nonlinear analysis and modelling” research group. The main problem in isotropic nonlinear elasticity consists of finding a suitable form of the elastic energy to be minimized. In joint work, we have been able to discover an a priori differential geometric characterization of the strain energy as the geodesic distance of the deformation gradient to the group of rotations.

Alongside an experienced postdoc student from the US, Dr. Smit Vega Garcia, the research group on the analysis of partial differential

Prof. Christoph Scheven hat eine internationale Zusammenarbeit mit zwei Wissenschaftlerinnen von der Università di Napoli „Federico II“ begonnen sowie bestehende Kontakte mit der Seoul National University zu einer erfolgreichen Kooperation genutzt. Aus beiden Forschungsprojekten sind Arbeiten zu Regularitätsfragen für nichtlineare parabolische Differentialgleichungen entstanden. Ein weiterer Forschungsschwerpunkt waren Hindernisprobleme mit linearem Wachstum, wobei insbesondere mit Kooperationspartnern aus Salzburg und Erlangen ein Existenzresultat zu Hindernisproblemen zum Totalvariationsfluss erzielt werden konnte.

Die Regularitätstheorie nichtlinearer Differentialgleichungen ist auch ein aktuelles Forschungsthema der Arbeitsgruppe von Prof. Andreas Gastel. Dort werden im Rahmen eines DFG-Projektes elliptische Systeme mit kritischer Nichtlinearität in dieser Hinsicht untersucht.

In der Arbeitsgruppe von Prof. Petra Wittbold wurde die erfolgreiche wissenschaftliche Zusammenarbeit mit Kolleg\*innen der Universitäten in Pau und Marseille auf dem Gebiet der nichtlinearen partiellen Differentialgleichungen mit stochastischer Störung fortgeführt. Während des Berichtszeitraums waren zudem zwei Postdoktoranden aus Brasilien für insgesamt zwölf Monate in der Arbeitsgruppe zu Gast mit Forschungsprojekten zur „Asymptotik von Lösungen nichtlinearer partieller Differentialinklusionen“.

Geometrische und analytische Aspekte von Variationsproblemen und nichtlinearen Differentialgleichungen, die durch physikalische oder geometrische Fragestellungen motiviert sind, werden in der Arbeitsgruppe von Prof. Ulrich Dierkes untersucht. Dabei handelt es sich beispielsweise um Eindeutigkeits- bzw. Regularitätsfragen für verallgemeinerte Flächen vorgeschriebener Krümmung. Im Rahmen eines 2016 abgeschlossenen Promotionsvorhabens wurden optimale Regularitätsaussagen für eine Klasse singulärer Differentialgleichungen hergeleitet.

Geometrische partielle Differentialgleichungen stehen auch in der Arbeitsgruppe von Paola Pozzi im Mittelpunkt, wobei neben den analytischen auch numerische Fragestellungen behandelt werden. In internationaler Zusammenarbeit wurden Resultate u.a. zur Langzeitexistenz des Flusses elastischer Kurven bei verschiedenen

equations, led by Prof. Georg Weiss and funded by the DFG Individual Grants Programme, investigated singularities of Electrohydrodynamic Equations by using analytic methods. Moreover, Prof. Weiss works in collaboration with Prof. Sagun Chanillo of our partner university Rutgers on the analysis of the free surface of neutron stars.

Prof. Christoph Scheven began an international collaboration with two scientists from the Università di Napoli “Federico II” and used existing contacts with the Seoul National University for a successful cooperation. Both research projects led to publications on regularity questions for nonlinear parabolic differential equations. A further research emphasis was obstacle problems with linear growth. In particular, an existence result for obstacle problems associated with total variation flow was achieved together with cooperation partners from Salzburg and Erlangen. The regularity theory of nonlinear differential equations is also a current research topic of Prof. Andreas Gastel’s group. Elliptic systems with critical nonlinearity were investigated in this regard within the scope of a DFG-funded project.

Prof. Petra Wittbold’s work group continued the successful scientific collaboration with colleagues from the universities in Pau and Marseille in the field of nonlinear partial differential equations with stochastic perturbation. Furthermore, two postdoctoral researchers from Brazil visited the group during the reporting period with research projects on “Asymptotics of Solutions for Nonlinear Partial Differential Inclusions.”

Geometrical and analytical aspects of variational problems and nonlinear differential equations motivated by physical or geometrical phenomena are investigated in the group led by Prof. Ulrich Dierkes. This constitutes, for example, questions associated with uniqueness and the regularity of generalized surfaces with prescribed curvature. As part of a doctoral project, finished in 2016, optimal regularity results for a class of singular differential equations were derived.

Geometrical partial differential equations are also the focus of Paola Pozzi’s research group, where numerical topics are considered in addition to the analytical aspects. In international collaborations, results were obtained on the long-time existence of the flow associated with elastic curves under different boundary conditions and



Randbedingungen und zur Analysis eines numerischen Modells für elastische eingebettete Kurven erzielt. Hervorzuheben sind die von Prof. Pozzi in Zusammenarbeit mit Björn Stinner von der University of Warwick erzielten Ergebnisse.

Dabei geht es um erste Fehlerabschätzungen für Diskretisierungen von gekoppelten Systemen, die beispielsweise in der Biologie vorkommen. Hier wird die Bewegung einer geschlossenen Kurve (idealisierte Zelle) an die Lösung einer parabolischen partiellen Differentialgleichung gekoppelt, die auf der Kurve zu lösen ist und die wiederum selbst von der Evolution der Kurve beeinflusst wird. Systeme solcher Art sind für Anwendungen relevant; eine rigorose numerische Analysis dafür ist in der Regel technisch sehr aufwendig.

Der AG Kraus gelang es im Jahr 2016, außerordentlich effiziente Löser für stabile Diskretisierungen der Darcy- und Brinkman-Gleichungen zu entwickeln, die bei der Simulation von Strömungen in porösen Medien zum Einsatz kommen. Dabei geht es um die Konstruktion und um die Konvergenzanalyse optimaler und robuster Mehrgitterverfahren, deren Konvergenzverhalten unabhängig von Sprüngen der Permeabilität ist. Ein am Johann Radon Institut in Linz/Österreich angesiedeltes (und weiterhin von Prof. Johannes Kraus geleitetes) Forschungsprojekt beschäftigte sich in diesem Jahr schwerpunktmäßig mit a posteriori-Fehlerabschätzungen für die (nicht-lineare) Poisson-Boltzmann-Gleichung. Letztere dient der Beschreibung des elektrostatischen Potentials biologischer Makromoleküle.

In vielen Bereichen wirtschaftlicher Aktivität ist es fast nie möglich, Entscheidungen unter kompletter Kenntnis aller relevanter Eingangsgrößen zu treffen. Es gibt so gut wie immer Entscheidungen, die in die Zukunft reichen und dort Bedingungen erfüllen müssen, deren Gestalt sich erst dann ergibt. Mit der Optimierung solcher Aktivitäten befasst sich die stochastische Optimierung, das hauptsächliche Forschungsgebiet der Arbeitsgruppe von Prof. Rüdiger Schultz. Die Arbeitsgruppe ist in der projektbezogenen Forschung fest etabliert. Neben der Mitarbeit in den von der DFG geförderten strukturierten Programmen GRK 1855 und TRR 154 sowie einem Projekt der Hadamard-Stiftung ist hier ein von der Mercator-Stiftung gefördertes, 2015

on the analysis of a numerical model for elastic embedded curves. Emphasis should be given to the results achieved in cooperation with Björn Stinner of the University of Warwick.

These are associated with original error estimates for discretisations of coupled systems arising, for instance, in biology. In this context, the motion of a closed curve (idealized cell) is coupled to the solution of a parabolic partial differential equation to be solved on the curve, which by itself is influenced by the evolution of the curve. Systems of this kind are relevant for applications; and a rigorous numerical analysis is usually associated with severe technical complications.

In 2016, the Kraus research group succeeded in developing extremely efficient solvers for stable discretisations of the Darcy and Brinkman equations that are employed for the simulation of flow in porous media. Of interest in this context is the construction and convergence analysis of optimal and robust multigrid methods with convergence properties that are independent of jumps in the permeability. A research project based at the Johann Radon Institute in Linz/Austria (and still headed by Prof. Johannes Kraus) was mainly concerned with a posteriori error estimations for the (nonlinear) Poisson-Boltzmann equation. Applications are associated with the representation of the electrostatic potential of biological macromolecules.

In many areas of economic activity it is almost never possible to make decisions based on complete knowledge of all relevant input parameters. There are almost always decisions that extend well into the future where they must fulfil conditions, the detailed form of which emerges only then. The optimization of such activities is the subject of stochastic optimization, the main research area of the group led by Prof. Rüdiger Schultz. The work group is permanently established in the project-based research. This includes the participation in the GRK 1855 and TRR 154 programmes coordinated by the DFG, and a project of the Hadamard foundation. Furthermore, a cooperation project with the Fraunhofer institute Dortmund and the TU Dortmund on logistics, funded by the Mercator foundation, was successfully completed in 2015. In the context of these research projects, three members of the AG received their doctorate in 2015 and 2016.

erfolgreich abgeschlossenes Kooperationsprojekt zur Logistik mit dem Fraunhofer-Institut Dortmund und der TU Dortmund zu nennen. Im Rahmen dieser Forschungsvorhaben wurden in den Jahren 2015 und 2016 drei Mitglieder der AG promoviert.

Kooperationen auf Arbeitsgruppenebene, die sich in ersten Publikationen niedergeschlagen haben, verbinden die AG mit Prof. Volker Krätschmer und der AG Belomestny aus unserer Fakultät, mit PD Dr. René Henrion vom Weierstraß-Institut Berlin, Prof. Martin Gugat, Universität Erlangen, Profs. Sergio Conti und Martin Rumpf, beide Universität Bonn, mit Dr. Ward Romeijnders von der Universität Groningen und Prof. David Woodruff, University of California at Davis. Von besonderer Bedeutung für die AG ist das breite Engagement in dem im Herbst 2014 angelaufenen DFG-Sonderforschungsbereich Transregio TRR 154 „Mathematische Modellierung, Simulation und Optimierung am Beispiel von Gasnetzwerken“.

### Stochastik

Der Bereich Stochastik beschäftigt sich mit statistischen Anwendungen, stochastischen Algorithmen, der Approximation von stochastischen partiellen Differentialgleichungen sowie der konzeptionellen Charakterisierung von zufälligen Geometrien und universellen stochastischen Prozessen.

Prof. Belomestny arbeitet zusammen mit Bochumer Ingenieur\*innen in einem neuen Projekt im Rahmen des SFB 823 „Statistical modelling of nonlinear dynamic processes“ an der statistischen Modellierung zeitlich und spektral hoch aufgelöster Audiodaten in Hörhilfen. Dieses Projekt befasst sich mit der Vereinfachung von Musiksignalen, sodass diese mit weniger starken Verzerrungen wahrgenommen und mit geringerer Anstrengung zu hören sind. Neue Verfahren für Nutzer\*innen von Hörhilfen (speziell von Cochleaimplantaten) werden entwickelt und optimiert. Dabei fließt verstärkt auch a priori-Wissen über musikalische Strukturen und die durch Hörverlust und die Hörhilfe vorgegebenen Beschränkungen ein.

Denis Belomestny und Mikhail Urusov haben das Graduiertenkolleg „Analysing the Interplay

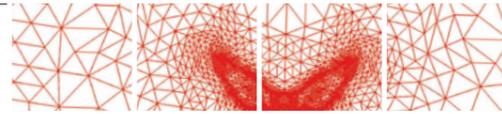
Cooperation work at the level of research groups which led to first publications provide connections to Prof. Volker Krätschmer and the Belomestny research group from our Faculty, as well as PD Dr. René Henrion from Weierstraß Institute Berlin, Prof. Martin Gugat, University of Erlangen, Profs. Sergio Conti und Martin Rumpf, both from University Bonn, with Dr. Ward Romeijnders from the University Groningen and Prof. David Woodruff, University of California at Davis. Of special importance is the broad engagement in the DFG Transregio ransregional collaborative research field TRR 154 “Mathematical Modelling, Simulation and Optimization for Gas Networks”, which began in autumn 2014.

### Stochastics

The field of stochastics deals with statistical applications, stochastic algorithms, the approximation of stochastic partial differential equations and the conceptual characterization of random geometries and universal stochastic processes.

Prof. Belomestny works together with engineers from Bochum on a new project in the scope of the SFB 823 “Statistical Modelling of Nonlinear Dynamic Processes” in the statistical modelling of timely and spectrally highly-resolved audio data in hearing aids. This project is concerned with the simplification of musical signals leading to a perception with less severe distortions and less effort associated with hearing. New methods for users of hearing aids (especially of Cochlea implants) are developed and optimized. This increasingly involves the incorporation of a priori knowledge about musical structures and the constraints presented by the hearing aid.

Denis Belomestny and Mikhail Urusov are part of the team that applied for the research training group “Analysing the Interplay of Energy and Finance Markets”. The complexity of the interplay of finance and energy markets demands innovative and interdisciplinary research instruments that can only be provided by an interdisciplinary research group. With their long history, Mathematics and the Faculty of Economics and Business Administration of the University of Duisburg-Essen accommodate a unique combination of research groups for tackling such a research agenda. As invited speaker, Mikhail Urusov held



of Energy and Finance Markets“ mitbeantragt. Die Komplexität des Zusammenwirkens von Finanz- und Energiemärkten erfordert innovative und interdisziplinäre Forschungsinstrumente, die nur von einer interdisziplinären Forschergruppe bereitgestellt werden können. Die Mathematik und die Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät der Universität Duisburg-Essen mit ihrer langen Geschichte beherbergen eine einzigartige Kombination von Forschungsgruppen, um eine solche Forschungsagenda in Angriff zu nehmen.

Als eingeladener Sprecher hat Mikhail Urusov einen Minikurs „A functional limit theorem and numerical approximation for irregular SDEs“ auf der internationalen Sommerschule zur Stochastik und Finanzmathematik 2015 in Sochi gehalten. Das optimale Stoppen unter Ungewissheit ist ein wichtiges Thema in der Finanzmathematik. Heutzutage entstehen Stopp-Probleme vor allem bei der Bewertung neuer Finanzprodukte. Wenn amerikanische Optionen von mehreren Aktien abhängen, kommt es zu mehrdimensionalen Stopp-Problemen. Hierfür effektive Algorithmen zu finden, ist eine Herausforderung, insbesondere wenn der Eintritt von zukünftigen Marktszenarien nicht mit Sicherheit vorausgesagt werden kann. Ein neuartiger Algorithmus zum optimalen Stoppen unter Ungewissheit wurde entwickelt: Das übliche Monte-Carlo-Verfahren zur Berechnung der Preise von Finanzinstrumenten funktioniert nur unter bestimmten Voraussetzungen in dem zugrundeliegenden Modell einwandfrei. Insbesondere müssen die Koeffizienten der stochastischen Differenzialgleichung regulär und nicht zu schnell wachsend sein. Ein neuer Algorithmus, der auch für irreguläre und schnell wachsende Koeffizienten funktioniert, wurde entwickelt.

Gebündelte Expertise gibt in der Analysis und Numerik von stochastischen (partiellen) Differenzialgleichungen. Einer der zentralen Forschungsschwerpunkte von Prof. Martin Hutzenthaler ist die Konstruktion effizient implementierbarer Lösungen. Von Interesse ist die Frage, ob hochdimensionale (z.B.  $d=100$ ) nicht-lineare, parabolische Differentialgleichungen mit positiver polynomieller Rate approximiert werden können. Die Motivation für diese Fragestellung kommt u.a. aus der Finanzindustrie, in der viele Fragestellungen auf optimale stochastische

a mini course “A Functional Limit Theorem and Numerical Approximation for Irregular SDEs” at the international summer school on stochastics and financial mathematics 2015 in Sochi.

Optimal stopping under uncertainty is an important topic in financial mathematics. Nowadays, stopping problems arise predominantly in connection to the rating of new finance products. If American options depend on multiple stocks, multi-dimensional stopping problems arise. Finding effective algorithms for this purpose is a challenge, especially if the occurrence of future market scenarios cannot be foreseen with confidence. A novel algorithm for optimal stopping under uncertainties was developed. The common Monte Carlo method for the computation of prizes for finance instruments only functions properly under certain assumptions about the underlying model. In particular, the coefficients of the stochastic differential equation must be regular and are not permitted to grow too quickly. A new algorithm that also works for irregular and fast-growing coefficients was developed.

Concentrated expertise is available in the analysis and numerical analysis of stochastic (partial) differential equations. One of the central research emphases of Prof. Martin Hutzenthaler is the construction of efficiently implementable solutions. Of interest is the question of whether high-dimensional (e.g.  $d=100$ ) nonlinear, parabolic differential equations can be approximated with a positive polynomial rate. The motivation for this question arises, for instance, in the finance industry where many issues lead to problems of optimal stochastic control, whose solutions are given by nonlinear Hamilton-Jacobi-Bellman PDEs. Another example from physics (e.g. for the flow of fluids and gases) is the search for implementable approximations of semi-linear stochastic PDEs such as the stochastic 2D Navier-Stokes equations converging with positive  $L^2$  rate.

Martin Hutzenthaler has been granted a mini workshop on this topic in February 2017 at the Mathematical Research Institute Oberwolfach together with the co-organizers Annik Lang (Chalmers), Lukas Szpruch (Edinburgh) and Larissa Yaroslavtseva (Passau). Martin Hutzenthaler and Anita Winter are active in the Research Training Group RTG 2131 “High-Dimensional Phenomena in Probability – Fluctuations and

Kontrollprobleme führen, deren Lösungen durch nichtlineare Hamilton-Jacobi-Bellman PDGen gegeben sind. Ein weiteres Beispiel aus der Physik (z.B. für die Strömung von Flüssigkeiten und Gasen) ist die Frage nach implementierbaren Approximationen von semilinearen stochastischen PDGen wie den stochastischen 2D-Navier-Stokes Gleichungen, die mit positiver  $L^2$ -Rate konvergieren.

Martin Hutzenthaler wurde mit den Koorganisator\*innen Annik Lang (Chalmers), Lukas Szpruch (Edinburgh) und Larissa Yaroslavtseva (Passau) ein Mini-Workshop im Februar 2017 am Mathematischen Forschungsinstitut Oberwolfach zu diesem Thema bewilligt. Martin Hutzenthaler und Anita Winter sind im Graduiertenkolleg RTG 2131 „High-Dimensional Phenomena in Probability – Fluctuations and Discontinuity“ aktiv, das im Oktober 2015 gestartet ist. Die Kooperation verschiedener Arbeitsgruppen der TU Dortmund, der Ruhr Universität Bochum und der UDE bieten derzeit elf Doktorand\*innen und zwei Postdocs durch Tandem-Vorlesungen, Sommerschulen, der Finanzierung von Forschungsaufhalten sowie Gästen eine breite wissenschaftliche Ausbildung sowie hervorragende Bedingungen, um jenseits des eigenen Forschungsgebietes aktuelle Forschungstrends mitzuverfolgen. Im Fokus der Essener Projekte stehen u.a. Fragen nach der Untersuchung von Konvergenzraten. Hierbei konzentrieren wir uns auf Paradigmenwechsel, die in der aktuellen Forschung bereits erkennbar sind.

Von zentraler Bedeutung sind zum Beispiel die Untersuchung von Invarianzprinzipien in Abhängigkeit geometrischer Kenngrößen zugrundeliegender metrischer Maßräume sowie Approximationen von stochastischen partiellen Differentialgleichungen. Eine projektverbindende Klammer ist durch das Malliavin-Kalkül sowie die Steinsche Methode gegeben.

Ein weiterer gemeinsamer Forschungsschwerpunkt von Martin Hutzenthaler und Anita Winter liegt in der mathematischen Biologie. Beide sind mit insgesamt drei Teilprojekten am DFG-Schwerpunktprogramm SPP 1590 „Probabilistic Structures and Evolution“ beteiligt. Martin Hutzenthaler interessiert dabei besonders die Frage, ob sich ein altruistisches Gen in „kurzer“

Discontinuity”, which began in October 2015. The cooperation between different research groups at the TU Dortmund, the University of Bochum in the Ruhr region and the UDE currently offer a broad scientific education and excellent conditions for 11 doctoral students and 2 postdocs via tandem lectures, summer schools, financial support for research stays and guest researchers, allowing them to follow current research trends beyond their own topic. The projects in Essen focus on questions about the investigation of convergence rates. In this context, we concentrate on a paradigm change already visible in the current research directions. Of central importance is, for instance, the investigation of invariance principles in the dependence of geometric identifying quantities of underlying metric measure spaces, and the approximations of stochastic partial differential equations. A combining bracket is given by the Malliavin calculus and Stein’s method.

A further joint research emphasis of Martin Hutzenthaler and Anita Winter lies in mathematical biology. They both participate in the DFG priority programme SPP 1590 “Probabilistic Structures and Evolution” with a total of three projects. In this context, Martin is primarily interested in the question of whether an altruistic gene can succeed in a spatially-structured population in a ‘short’ time. In this context, ‘short’ means a time period which grows at most logarithmically with the population size on an evolutionary timescale. This is motivated by the aim to resolve the apparent contradiction between Darwin’s evolution theory and the existence of altruism. In the literature, it is shown with simplified spin models (among others in some Nature articles) that altruism can succeed. So far it remains unclear, however, if this can also take place in realistic time periods. Anita Winter is interested in modelling phylogenies of RNA viruses which, due to high mutation and replication rates, evolve so fast that evolution and epidemiology takes place on the same timescale. The pathogen pattern – and particularly the topology of the phylogenies – is influenced by the strength of the selective pressure enforced by the corresponding levels of cross-immunity.

The goal of this project is the development of an agent-based parametric model which delivers



## Professor\*innen | Professors

Prof. Dr. Bäbel Barzel	Prof. Dr. Patrizio Neff
Prof. Dr. Denis Belomestny	Prof. Dr. Vytautas Paskunas
Prof. Dr. Massimo Bertolini	Prof. Dr. Dirk Pauly
Prof. Dr. Mircea Birsan	Prof. Dr. Paola Pozzi
Prof. Dr. Andreas Büchter	Prof. Dr. Benjamin Rott
Prof. Dr. Christian Clason	Prof. Dr. Wolfgang Ruess
Prof. Dr. Ulrich Dierkes	Prof. Dr. Arnd Rösch
Prof. Dr. Andreas Gastel	Prof. Dr. Florian Schacht
Prof. Dr. Heiner Gonska	Prof. Dr. Petra Scherer
Prof. Dr. Ulrich Görtz	Prof. Dr. Christoph Scheven
Prof. Dr. Daniel Greb	Prof. Dr. Rüdiger Schultz
Prof. Dr. Lisa Hefendehl-Hebeker	Prof. Dr. Gerhard Starke
Prof. Dr. Georg Hein	Prof. Dr. Heinz Steinbring
Prof. Dr. Jochen Heinloth	Prof. Dr. Günter Törner
Prof. Dr. Martin Hutzenthaler	Prof. Dr. Mikhail Urusov
Prof. Dr. Hans Niels Jahnke	Prof. Dr. Georg Weiss
Prof. Dr. Volker Krätschmer	Prof. Dr. Anita Winter
Prof. Dr. Johannes Kraus	Prof. Dr. Petra Wittbold
Prof. Dr. Jan Kohlhaase	Prof. Dr. Irwin Yousept
Prof. Dr. Marc Levine	Prof. Dr. Xinlong Zhou
Prof. Dr. Frank Müller	

Zeit in einer räumlich strukturierten Population durchsetzen kann. Unter „kurz“ verstehen wir dabei einen Zeitraum, der auf der evolutionären Zeitskala höchstens logarithmisch mit der Populationsgröße wächst. Die Motivation hierfür ist es, den scheinbaren Widerspruch zwischen Darwins Evolutionstheorie und der Existenz von Altruismus aufzulösen. In der Literatur wurde in vereinfachten Spinmodellen gezeigt (u.a. in einigen Nature-Artikeln), dass sich Altruismus durchsetzen kann. Bisher unklar blieb aber, ob dies auch in realistischen Zeiträumen geschehen kann. Anita Winter interessiert sich für die Modellierung von Phylogenien von RNA-Viren, die aufgrund hoher Mutations- und Replikationsraten so schnell evolvieren, dass Evolution und Epidemiologie auf der selben Zeitskala stattfinden. Die Pathogenmuster – und insbesondere die Topologie der Phylogenien – werden von der Stärke des selektiven Drucks, ausgeübt durch die entsprechenden Level von Kreuzimmunität, beeinflusst.

the different known shapes of virus phylogenies depending on the form of the selection function. In this context, Anita Winter organized the two workshops on “Genealogies of population models with competition” and “Probabilistic models in evolutionary biology” in cooperation with Anja Sturm (University Göttingen), which took place in June 2014 at the University of Duisburg-Essen and in November 2016 at the University Göttingen, respectively.

### Algebraic Geometry and Arithmetic

The research topics of the Essen Seminar for Algebraic Geometry and Arithmetic (ESAGA) centre on Algebraic Geometry, Number Theory and Algebraic Topology. Motivic homotopy theory, algebraic cobordism, questions about rational points, the classical and the p-adic Langlands program, Shimura varieties, lattices and theta series, algebraic stacks, moduli spaces, classification theory of complex algebraic varieties, L-functions, and the representation theory of p-adic Lie groups are among the specific research interests of its members.

The many connections between these subjects lead to an intense exchange between the research groups of the Essen Seminar. The Transregio Collaborative Research Centre 45 “Moduli Spaces, Periods, and Arithmetic of Algebraic Varieties” (Mainz/Bonn/Essen) was extended in 2015 for the second time and has now entered its third 4-year period. All the eight research groups were successful with their project proposals. A great success, all the more considering that all the professors in the field of algebra were hired after the SFB’s beginning in 2007. The CRC enables the Essen Seminar to carry out a multitude of activities, includes a good number of positions for PhD students and post-docs, and immensely increases the possibilities of visiting mathematicians elsewhere, and of inviting them to Essen.

The Priority Programme 1786 “Homotopy Theory and Algebraic Geometry” of the German Research Foundation, which was initiated and is now coordinated by Prof. Marc Levine, began in May 2015. In this programme, new developments connecting algebraic topology and algebraic geometry are investigated at universities all over Germany. Since its start, the programme has

Zielstellung dieses Projektes ist es, ein agentenbasiertes parametrisches Modell aufzustellen, dass je nach Form der Selektionsfunktion die verschiedenen bekannten Shapes von Virusphylogenien liefert. Anita Winter hat in diesem Rahmen zusammen mit Anja Sturm (Universität Göttingen) die zwei Workshops zu „Genealogies of population models with competition“ sowie „Probabilistic models in evolutionary biology“ organisiert, die im Juni 2014 an der Universität Duisburg-Essen sowie im November 2016 an der Universität Göttingen stattfanden.

### Algebraische Geometrie und Arithmetik

Im Essener Seminar für Algebraische Geometrie und Arithmetik (ESAGA) werden Themen der Algebraischen Geometrie, Zahlentheorie und Algebraischen Topologie untersucht. Zu den kennzeichnenden Forschungsinteressen zählen: Motivische Homotopietheorie, Algebraische Kobordismen, Fragen bezüglich rationaler Punkte, klassisches und p-adisches Langlands-Programm, Shimura-Varietäten, Gitter und Thetareihen, algebraische Stacks, Modulräume, Klassifikationstheorie komplex-algebraischer Varietäten, L-Funktionen und die Darstellungstheorie von p-adischen Lie-Gruppen.

Die vielen Querverbindungen zwischen diesen Themen führen zu einem regen Austausch zwischen den Arbeitsgruppen im Essener Seminar. Der Transregio-Sonderforschungsbereich 45 „Modulräume, Perioden und Arithmetik algebraischer Varietäten“ (Mainz/Bonn/Essen) ist 2015 zum zweiten Mal verlängert worden und befindet sich nun in der dritten Förderperiode. Alle acht Arbeitsgruppen waren mit ihren Projektanträgen erfolgreich. Ein großer Erfolg, umso mehr, als seit dem Beginn des SFB/TR im Jahr 2007 sämtliche Professuren im Bereich Algebra neu besetzt worden sind. Der SFB ermöglicht dem Essener Seminar eine Vielzahl von Forschungsaktivitäten, insbesondere durch Doktorand\*innen- und Postdoktorand\*innen-Stellen sowie wissenschaftlichen Austausch durch Aufenthalte von Gastwissenschaftler\*innen.

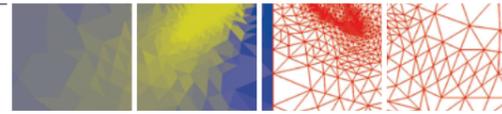
Das von Prof. Marc Levine initiierte und koordinierte Schwerpunktprogramm 1786 „Homotopy theory and algebraic geometry“ der Deutschen Forschungsgemeinschaft hat im Mai 2015 begonnen.

already seen a large number of conferences and workshops, among them several taking place in Essen. Prof. Ulrich Görtz participated with a project in the Priority Programme 1489 “Algorithmic and Experimental methods in Algebra, Geometry and Number Theory” which ran until 2016. Since October 2014, Essen has been one of the host locations for the “Joint Seminar on Complex Algebraic Geometry and Complex Analysis”, which is organized by the complex geometry research groups at the Universities of Bochum, Duisburg-Essen (research group Greb), Cologne, and Wuppertal. The seminar meets twice per semester for a full day at one of the participating universities. It is a platform for talks both by invited guests (among others from the Universities of Bonn, Moscow, Stony Brook, and Zurich) and by speakers from the organizing universities, as well as for discussions among the members of the research groups involved. It has already proven to be a perfect base for developing collaborative research projects.

As usual, the Essen seminar welcomed a large number of guests from abroad, some of whom spent several months in Essen, among them Gergely Zábrádi (Eötvös Loránd University, Budapest), Henri Darmon (McGill University, Montreal) and Marco Seveso (Università degli Studi di Milano). Members of the Essen Seminar collaborated with other mathematicians from all over the world, for instance with Pierre Colmez (CNRS Paris), Matthew Emerton (University of Chicago), Oscar Garcia-Prada (CSIC Madrid), Toby Gee (Imperial College, London), Tamas Hausel (EPFL Lausanne), Xuhua He (University of Maryland), Julius Ross (Cambridge), and Jerzy Weyman (University of Connecticut). At our university, a school on p-adic arithmetic with around 75 participants from Europe and North America took place in March 2015. In September 2016, a school on Higgs bundles and fundamental groups of algebraic varieties was organized with approximately 45 participants from Europe and India.

### The Didactics of Mathematics

Mathematics represents a central element of education, which implies that the training of mathematics teachers constitutes an important task. The research groups in the field of didactics make important contributions to this end, and



An Universitäten in ganz Deutschland werden aktuelle Entwicklungen, in denen die Gebiete der algebraischen Topologie und algebraischen Geometrie zusammengebracht werden, untersucht. Seitdem hat eine Vielzahl von Veranstaltungen stattgefunden, darunter mehrere in Essen.

Prof. Ulrich Görtz war am DFG-Schwerpunktprogramm 1489 „Algorithmische und Experimentelle Methoden in Algebra, Geometrie und Zahlentheorie“ beteiligt, das 2016 ausgelaufen ist. Seit Oktober 2014 ist Essen einer der Veranstaltungsorte für das „Joint Seminar on Complex Algebraic Geometry and Complex Analysis“, das von den Komplexen Geometrie-Forschungsgruppen an den Universitäten Bochum, Duisburg-Essen (AG Greb), Köln und Wuppertal organisiert wird. Das Forschungsseminar findet zweimal pro Semester für einen vollen Tag an einer der teilnehmenden Universitäten statt. Es bietet einen Rahmen für Vorträge von Gästen (in den letzten zwei Jahren u.a. von den Universitäten in Bonn, Moskau, Stony Brook und Zürich) und lokalen Sprechern sowie für den wissenschaftlichen Austausch unter den Mitgliedern der beteiligten Arbeitsgruppen und hat sich bereits als Ausgangspunkt für interuniversitäre wissenschaftliche Projekte etabliert.

Wie gewohnt hatte das Essener Seminar eine große Zahl von internationalen Gastwissenschaftler\*innen, die zum Teil mehrere Monate in Essen verbrachten, unter anderem Gergely Zábrádi (Eötvös Loránd Universität, Budapest), Henri Darmon (McGill University, Montreal), und Marco Seveso (Università degli Studi di Milano). Die ESAGA-Mitglieder haben mit weiteren Mathematiker\*innen aus der ganzen Welt zusammengearbeitet, darunter mit Pierre Colmez (CNRS Paris), Matthew Emerton (University of Chicago), Oscar Garcia-Prada (CSIC Madrid), Toby Gee (Imperial College, London), Tamas Hausel (EPFL Lausanne), Xuhua He (University of Maryland), Julius Ross (Cambridge) und Jerzy Weyman (University of Connecticut).

An unserer Universität fand im März 2015 eine Schule über padische Arithmetik mit etwa 75 Teilnehmer\*innen aus Europa und Nordamerika statt und im September 2016 eine Schule zum Thema Higgs-Bündel und Fundamentalgruppen algebraischer Varietäten mit etwa 45 Teilnehmer\*innen aus Europa und Indien.

their work covers various areas of field-specific didactics for all school levels. The didactics of mathematics field was successfully restructured in recent years: Prof. Steinbring, Prof. Jahnke and Prof. Hefendehl-Hebeker remain available to the Faculty as senior professors while all three professor positions have been newly appointed.

In the Scherer research group “learning process and class research”, projects on the analysis of instruction processes and individual learning processes are carried out, particularly from the perspective of handicapped learning processes as well as on the handling of heterogeneity in mathematics lessons or inclusive mathematics instruction, respectively. Prof. Petra Scherer is also heading the “Heterogeneous learning groups - primary field” division of the German Centre for Teacher’s Education (DZLM, funded by the German Telekom Foundation, second phase from 2016 to 2019). This project is primarily concerned with the professionalization of teachers and multipliers, and with conceptual developments in the area of continued education of teachers. “Support diagnostic competences”, among others, are investigated as part of the project. Further research activities are carried out within the ProViel project (“Teacher Education Quality Offensive”, funded by BMBF). Prof. Petra Scherer is coordinating the acting field “Diversity and inclusion” (in cooperation with Annemarie Fritz-Stratmann) and is also heading the “Mathematics inclusively” project part, which develops and evaluates concepts for the education of teachers. Moreover, learning processes in heterogeneous groups are studied in the research group in the “Mathe-Spürnasen” (school laboratory) project. The project received the UDE Diversity Award for Research in 2016. The Barzel research group is characterised by the two emphases of digitalization and teachers’ training. In cooperation with the DZLM, the continued education of multipliers is organized in the scope of the division headed by Prof. Bärbel Barzel and investigated in different doctoral and habilitation projects. The findings and results in the finished EU project FaSMED (Improving Progress for Lower Achievers through Formative Assessment in Science and Mathematics Education) are currently being transferred into the “Bildungsgerechtigkeit im Fokus” project. The developed digital

## Didaktik der Mathematik

Die Mathematik stellt ein zentrales Bildungselement dar, weshalb die Ausbildung von Mathematiklehrkräften eine bedeutende Aufgabe ist. Die Arbeitsgruppen im Bereich Didaktik der Mathematik leisten hierzu einen wichtigen Beitrag, ihre Arbeit deckt vielfältige Gebiete der Fachdidaktik für alle Schulstufen ab. Der Bereich Didaktik der Mathematik wurde in den letzten Jahren erfolgreich umstrukturiert: Prof. Steinbring, Prof. Jahnke und Prof. Hefendehl-Hebeker bleiben der Fakultät mit Seniorprofessuren erhalten, alle drei Lehrstühle sind aber neu besetzt.

In der AG Scherer „Lernprozess- und Unterrichtsforschung“ werden Projekte zur Analyse von Unterrichtsprozessen und individuellen Lernprozessen durchgeführt, insbesondere unter der Perspektive erschwerter Lernprozesse sowie zum Umgang mit Heterogenität im Mathematikunterricht bzw. zum inklusiven Mathematikunterricht. Prof. Petra Scherer ist auch Leiterin der Abteilung „Heterogene Lerngruppen – Primarbereich“ des Deutschen Zentrums für Lehrerbildung (DZLM, gefördert durch die Deutsche Telekom Stiftung, zweite Phase 2016 bis 2019). Im Rahmen dieses Projekts geht es vorrangig um die Professionalisierung von Lehrkräften bzw. Multiplikator\*innen und um konzeptionelle Entwicklungen im Bereich der Lehrerfortbildung, u.a. werden in einem Teilprojekt „Förderdiagnostische Kompetenzen“ untersucht.

Weitere Forschungsaktivitäten werden im Rahmen des Projekts ProViel (Qualitätsoffensive Lehrerbildung, gefördert vom BMBF) durchgeführt. Prof. Petra Scherer koordiniert das Handlungsfeld „Vielfalt und Inklusion“ (zusammen mit Prof. Annemarie Fritz-Stratmann) und ist zudem Leiterin des Teilprojekts „Mathematik inklusiv“, in dem Konzepte für die Lehrerbildung entwickelt und evaluiert werden. In der Arbeitsgruppe werden darüber hinaus im Projekt „Mathe-Spürnasen“ (Schülerlabor) Lernprozesse in heterogenen Gruppen beforscht. Das Projekt erhielt 2016 den Diversity-Preis für Forschung der UDE. Die AG Barzel zeichnet sich vor allem durch die beiden Schwerpunkte Digitalisierung und Lehrerbildung aus. In Zusammenarbeit mit dem DZLM wird die Fort- und Weiterbildung von Multiplikator\*innen im Rahmen der Abteilungsleitung von Prof. Bärbel Barzel organisiert

## Ausgewählte Publikationen | Selected Publications

**Claus, M., R. Schultz (2015):**

*Lipschitzian properties and stability of a class of first-order stochastic dominance constraints.*  
*SIAM Journal on Optimization* 25(1), 396–415.

**Görtz, U., X. He (2015):**

*Basic loci of Coxeter type in Shimura varieties.*  
*Cambridge Journal of Mathematics* 3(3), 323–353.

**Greb, D., J. Ross, M. Toma (2016):**

*Variation of Gieseker moduli spaces via quiver GIT.*  
*Geometry & Topology* 20(3), 1539–1610.

**Greven, A., R. Sun, A. Winter (2016):**

*Continuum space limit of the genealogies of interacting Fleming-Viot processes on  $Z$ .*  
*Electronic Journal of Probability* 21(58), 1–64.

**Hairer, M., M. Hutzenhaler, A. Jentzen (2015):**

*Loss of regularity for Kolmogorov equations.*  
*Annals of Probability* 43(2), 468–527.

**Levine, M. (2015):**

*The Adams-Novikov spectral sequence and Voevodsky’s slice tower.*  
*Geometry & Topology* 19(5), 2691–2740.

**Neff, P., B. Eidel, R.J. Martin (2016):**

*Geometry of logarithmic strain measures in solid mechanics.*  
*Archive for Rational Mechanics and Analysis* 222(2), 507–572.

**Rott, B., T. Leuders (2016):**

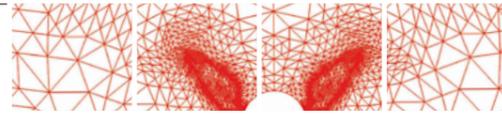
*Inductive and deductive justification of knowledge: Flexible judgments underneath stable beliefs in teacher education.*  
*Mathematical Thinking and Learning* 18(4), 271–286.

**Scherer, P., K. Beswick, L. DeBlois, L. Healy, E. Moser Opitz (2016):**

*Assistance of students with mathematical learning difficulties: how can research support practice?*  
*ZDM – Mathematics Education*, 48(5), 633–649.

**Smit Vega Garcia, M., E. Varvaruca, G.S. Weiss (2016):**

*Singularities in axisymmetric free boundaries for ElectroHydroDynamic equations.*  
*Archive for Rational Mechanics and Analysis* 222(2), 573–601.



und in verschiedenen Promotions- oder Habilitationenprojekten beforcht. Die Erkenntnisse und Ergebnisse im abgelaufenen EU-Projekt FaSMED (Improving Progress for Lower Achievers through Formative Assessment in Science and Mathematics Education) fließen aktuell in das Projekt „Bildungsgerechtigkeit im Fokus“ ein. Die entstandene digitale Lernumgebung zur Selbstdiagnose und -förderung wird für die Unterstützung von Studierenden weiterentwickelt. Das Projekt „T hoch 3“ (Teachers Teaching with Technology) ist seit 2013 an der UDE etabliert und dient mit seinem großen Netzwerk an Lehrpersonen und Wissenschaftler\*innen der Lehrerbildung zum sinnvollen Technologieeinsatz im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. Ein DAAD-Projekt fördert den gezielten Austausch mit Kolleg\*innen in Australien zur Konzeption von Lehrerbildung zur Digitalisierung des Unterrichts.

In der Arbeitsgruppe von Prof. Andreas Büchter wurde der Forschungsschwerpunkt zum Übergang von der Schule zur Hochschule und zur Studieneingangsphase in stärker mathematisierunghaltigen Studiengängen seit dem Jahr 2014 schrittweise aufgebaut. Dabei werden sowohl Drittmittelstellen aus dem vom BMBF geförderten UDE-Projekt „Bildungsgerechtigkeit im Fokus II“ als auch Stellen aus hochschul- und fakultätseigenen Mitteln eingesetzt, um die Herausforderungen der Studieneingangsphase genauer zu verstehen und geeignete Unterstützungsmaßnahmen zu entwickeln. Im Rahmen des ebenfalls vom BMBF geförderten UDE-Projekts „ProViel“ werden Instrumente für die Erfassung des fachwissenschaftlichen und fachdidaktischen Professionswissens von Master-Studierenden entwickelt, mit denen perspektivisch eine Qualitätssicherung und -entwicklung von Studiengängen evidenzbasiert erfolgen kann.

Der Forschungsschwerpunkt „Sprachkompetenz und Mathematiklernen“ wird nach Abschluss des Drittmittelprojekts „Untersuchung des Zusammenwirkens von sprachlichen und konzeptuellen Merkmalen bei Mathematikaufgaben – Empirische Analysen mit experimentellem Design“ durch Qualifikationsarbeiten vertieft bearbeitet.

Schließlich werden im Rahmen des mittlerweile voll ausgebauten „Mathematischen

learning environment for self-diagnosis and self-support is being developed further for the assistance of students. The project “T3” (Teachers Teaching with Technology) has been established at the UDE since 2013 and, with its large network of instructors and researchers, contributes to the training of teachers in the reasonable use of technology in school lessons in mathematics and the natural sciences. A project funded by DAAD supports the specific exchange with colleagues from Australia on the conception of teachers’ education about the digitalization of school lessons.

In the research group led by Prof. Andreas Büchter, the research emphasis on the transition from school to university and on the study entrance phase in fields with stronger mathematical content has been built up step by step since 2014. In this context, third-party funds from the BMBF project at the UDE “Bildungsgerechtigkeit im Fokus II”, as well as those coming from the university and the Faculty, are employed in order to understand the challenges during the study entrance phase more accurately and to develop suitable supportive measures. In the scope of the UDE project “ProViel”, also funded by the BMBF, instruments for the recording of the specific scientific and educational professional knowledge of master students are developed, with which the quality assurance and the development of the study programs can be made in an evidence-based manner. After the conclusion of the project “Investigation of the Interplay of Lingual and Conceptual Characteristics Associated with Mathematical problems – Empirical Analyses with Experimental Design”, the research emphasis on “language competence and mathematical learning” will be intensely studied by qualifying theses.

Finally, approaches for the materially-supported learning in mathematics lessons will be investigated in the scope of the, by now finished, “Mathematical school laboratory”. The research group led by Prof. Benjamin Rott is dedicated to the investigation of mathematical processes for problem handling (focusing on heurism and process regulation) and epistemological convictions in relation to mathematics. Furthermore, a third-party funded project on talent research (MBF2) was carried out successfully.

On one hand, the research focus of Prof. Florian Schacht is the use of digital tools in the

Schülerlabors“ Ansätze zum materialunterstützten Lernen im Mathematikunterricht der Sekundarstufe I und II beforcht.

Die Arbeitsgruppe von Prof. Benjamin Rott widmet sich der Untersuchung mathematischer Problembearbeitungsprozesse (mit einem Fokus auf Heurismen und Prozessregulation) und epistemologischer Überzeugungen zur Mathematik. Zudem wurde ein Drittmittelprojekt zur Begabungsforschung (MBF2) erfolgreich durchgeführt.

Forschungsschwerpunkt von Prof. Florian Schacht ist zum einen der Einsatz digitaler Werkzeuge im Mathematikunterricht. Dies beinhaltet die Untersuchung der Einsatzmöglichkeiten interaktiver Whiteboards in der Lehramtsausbildung im Fach Mathematik. Ein zweiter Forschungsschwerpunkt liegt auf inklusionsorientierten Fragen des gemeinsamen Lernens im Mathematikunterricht.

### Preise und Auszeichnungen

Eine Kooperation von Prof. Christian Clason mit Mathematiker\*innen und Medizintechniker\*innen in Graz zum Thema RF-Pulsdesign in der Kernspintomographie mit Hilfe optimaler Steuerung mündete im 1. Platz in der ISMRM RF Pulse Design Challenge 2015 im Bereich „simultaneous multislice (SMS) acquisition“.

Ralf Gollmer, Claudia Gotzes und Rüdiger Schultz wurden 2016 im Kollektiv mit 33 weiteren Kolleg\*innen für die Mitwirkung am Projekt und bei der Abfassung des Bandes „Evaluating Gas Network Capacities“, MOS-SIAM Series on Optimization mit dem EURO Excellence in Practice Award ausgezeichnet.

Prof. Vytautas Paskunas ist für seine Arbeiten über die p-adische Langlands-Korrespondenz mit dem Preis für Junge Mathematiker der Litauischen Mathematischen Gesellschaft ausgezeichnet worden.

Prof. Rüdiger Schultz hielt 2015 die IFORS (International Federation of Operational Research Societies) Distinguished Lecture.

teaching of mathematics. This includes the investigation of the possibilities of using interactive whiteboards in the teachers’ training. A second research emphasis lies on inclusion-oriented questions of common learning in mathematics lessons.

### Awards and Distinctions

A cooperation between Prof. Christian Clason and mathematicians and medical technicians in Graz on the topic of RF pulse design in magnetic resonance imaging using optimal control led to the first place in the ISMRM RF Pulse Design Challenge 2015 in the field of “simultaneous multislice (SMS) acquisition”.

Ralf Gollmer, Claudia Gotzes and Rüdiger Schultz, together with 33 further colleagues, received the 2016 EURO Excellence in Practice Award for their participation in the project and in the preparation of the book “Evaluating Gas Network Capacities”, MOS-SIAM Series on Optimization.

Prof. Vytautas Paskunas was awarded the Prize for Young Mathematicians of the Lithuanian Mathematical Society for his work on the p-adic Langlands correspondence.

Prof. Rüdiger Schultz gave the 2015 IFORS (International Federation of Operational Research Societies) Distinguished Lecture.

## Kontakt | Contact

### Dekanat Mathematik

Universität Duisburg-Essen  
Universitätsstraße 2  
45141 Essen

☎ +49 201 183 2503  
☎ +49 201 183 3802  
@ dekanat@mathematik.uni-due.de  
🌐 www.uni-due.de/mathematik

### Besucheranschrift

Thea-Leymann-Straße 9  
45127 Essen