



© Alle Rechte vorbehalten. Frankfurter Allgemeine Zeitung GmbH, Frankfurt, Ulf Rauchhaupt.  
Zur Verfügung gestellt vom Frankfurter Allgemeine Archiv

## Fakultät für Mathematik

### Faculty of Mathematics

Die Mathematik ist als Grundlagenwissenschaft mit fundamentalen Strukturen befasst und gleichzeitig als Querschnittswissenschaft in enger Kommunikation mit einer Vielzahl anderer Disziplinen engagiert. In diesem Spannungsfeld entwickelt sie sich einerseits aus sich selbst heraus weiter, andererseits aber immer auch aus den Anwendungen, die vielfältiger kaum sein könnten. Das Resultat ist ein Fach von großer Lebendigkeit, voller schillernder Kontraste und unerwarteter Querverbindungen. All dies spiegelt sich in der thematischen Breite der Fakultät für Mathematik wider, die mit ihren 28 Arbeitsgruppen eine der größten in Deutschland ist.

**Mathematics as a pure science is concerned with fundamental structures and as a cross-disciplinary science communicates closely with many other disciplines. It is in these diverse roles that mathematics continues to evolve from within itself and also out of an array of applications that could hardly be more diverse. The outcome is a discipline that is alive, full of powerful contrasts and unexpected connections. All this is reflected in the thematic scope of the Faculty of Mathematics, whose 28 research groups make it one of the largest in Germany.**



Vier wichtige Bereiche, von denen jeder eine ganz eigene Ausrichtung innerhalb dieser Vielfalt darstellt, sind an der Fakultät jeweils in großer Stärke vertreten. Die reine Grundlagenforschung findet sich am stärksten im Bereich „Algebra, algebraische Geometrie und Zahlentheorie“, der sich mit ganz allgemeinen strukturellen Konzepten beschäftigt, oft jedoch in geometrischen Zusammenhängen. Im Bereich „Analysis, Numerik und Optimierung“ geht es hauptsächlich um partielle Differentialgleichungen, eine Art von Gleichungen, die der mathematischen Beschreibung von Vorgängen in Natur und Technik fast überall zugrunde liegen, aber auch interessante Querverbindungen zur Geometrie haben. Der Bereich „Stochastik“ wiederum ist mit Wahrscheinlichkeiten befasst und deckt alleine schon eine Spannweite etwa von der rein mathematischen Maßtheorie bis hin zu Anwendungen zum Beispiel in der Finanzmathematik ab. Der Bereich „Didaktik der Mathematik“ beschäftigt sich mit dem Lehren und Lernen von Mathematik. Hier findet sich Expertise zu allen Schulstufen und Schulformen.

Von 2012 bis 2014 sind die Duisburger Arbeitsgruppen der Fakultät schrittweise nach Essen umgezogen, gleichzeitig wurde das „Mathematik-Carrée“ im Weststadt-Viertel als neuer Standort der Mathematik bezogen. Zusätzlich wurden Ende 2014 noch die mathematischen Arbeitsgruppen des Instituts für experimentelle Mathematik in die Fakultät integriert, die damit die gesamte Mathematik der Universität in einem Gebäude vereint. Besonders in den Bereichen Analysis, Numerik und Stochastik, bisher jeweils auf zwei Städte verteilt, ermöglicht uns, vorhandene Kooperationsansätze auszubauen, und die Fakultät schlagkräftig für die Zukunft auszurichten. Eine kleine Gruppe von Mathematikern bleibt freilich in Duisburg, um das mathematische Serviceangebot für die dort angesiedelten Fächer in gewohnter Qualität fortzuführen und so auch den Kontakt zu diesen Fächern über das Tagesgeschäft lebendig zu erhalten.

Ihre Faszination für die Mathematik geben die Dozentinnen und Dozenten in den Studien-

The Faculty predominantly works in four main fields, each of which has its own particular direction within this diversity. Pure research is most apparent in the field of “Algebra, Algebraic Geometry and Number Theory”, which deals with general structural concepts but often in geometric contexts. “Analysis, Numerical Analysis and Optimization” is chiefly concerned with partial differential equations; these are the kind of equations on which mathematical description of natural and technical processes is almost always based but which also have interesting connections with geometry. The field of “Stochastics” meanwhile considers probabilities and extends roughly from pure mathematical measure theory to applications in fields such as financial mathematics. The “Didactics of Mathematics” deals with teaching and learning mathematics and has expertise on all levels and all types of school education.

Between 2012 and 2014, the Duisburg-based research groups gradually relocated to Essen, where the Mathematics Carrée in the Weststadt district simultaneously became the new home of the Faculty of Mathematics. At the end of 2014, the mathematics research groups from the Institute for Experimental Mathematics were also integrated in the Faculty, which means that all fields of mathematics at the University are now united in a single building. Particularly in the fields of Analysis, Numerical Analysis and Stochastics, which were previously divided between two cities, this now enables us to develop existing collaborative approaches and equip the Faculty for the future. A small group of mathematicians remains in Duisburg to ensure that we can continue to offer the same quality of mathematics to the relevant subjects there and keep contact with these subjects alive on a day-to-day basis.

The members of the Faculty of Mathematics share their fascination with their subject in degree programmes in Mathematics, Technical and Business Mathematics (Bachelor/Master), in the teacher training programmes for all school levels, and in a series of events provided to other faculties. Doctoral training takes place as part of a large



gängen Mathematik, Techno- und Wirtschaftsmathematik (Bachelor/Master), in den Lehramtsstudiengängen für alle Schulstufen und in einer Reihe von Veranstaltungen, die für andere Fakultäten erbracht werden, weiter. Die Promotionsausbildung mit einer großen Gruppe von Doktorandinnen und Doktoranden, die aus ganz Deutschland und auch aus dem Ausland an die Universität Duisburg-Essen kommen, wird in der International Graduate School in Mathematics strukturiert.

Im Folgenden stellen sich die vier Bereiche unserer Fakultät vor und gehen auch auf ihre Kooperationen und Forschungsprojekte ein. Deshalb seien hier nur zusammenfassend einige DFG-Forschungsprojekte erwähnt:

- Im Sonderforschungsbereich/Transregio 45 „Perioden, Modulräume und Arithmetik algebraischer Varietäten“ ist Essen einer der drei Standorte neben Bonn und Mainz.

Mit einzelnen Projekten sind oder waren im Berichtszeitraum Arbeitsgruppen der Fakultät beteiligt an folgenden Projekten:

- SFB/TR 12 „Symmetries and Universalities in Mesoscopic systems“
- SFB/TR 154 „Mathematische Modellierung, Simulation und Optimierung am Beispiel von Gasnetzwerken“
- SFB 823 „Statistical modelling of nonlinear dynamic processes“,
- Schwerpunktprogramm 1253 „Optimierung mit partiellen Differentialgleichungen“
- SPP 1489 „Algorithmische und Experimentelle Methoden in Algebra, Geometrie und Zahlentheorie“
- SPP 1590 „Probabilistic Structures and Evolution“
- SPP 1748 „Zuverlässige Simulationstechniken in der Festkörpermechanik“
- SPP 1786 „Homotopy theory and algebraic geometry“ (von Prof. Marc Levine initiiert und demnächst koordiniert)
- Graduiertenkolleg 1855/1 „Diskrete Optimierung technischer Systeme unter Unsicherheit“
- Deutsches Zentrum für Lehrerbildung (gefördert von der Deutsche Telekom-Stiftung);

group of postgraduate students from all over Germany and abroad at the University of Duisburg-Essen in the International Graduate School in Mathematics

The following report introduces the four main areas of our Faculty together with an outline of their collaborative work and research projects. A summary of just some DFG research projects is provided here:

- Essen is one of three locations with Bonn and Mainz to host the Collaborative Research Centre (SFB)/Transregio 45 “Periods, moduli spaces and arithmetic of algebraic varieties”.

Research groups from the Faculty are or have been involved in the following projects during the reporting period:

- SFB/TR 12 “Symmetries and Universalities in Mesoscopic systems”
  - SFB/TR 154 “Mathematical Modelling, Simulation and Optimization Using the Example of Gas Networks”
  - SFB 823 “Statistical modelling of nonlinear dynamic processes”
  - Priority Programme 1253 “Optimization with partial differential equations”
  - SPP 1489 “Algorithmic and Experimental Methods in Algebra, Geometry and Number Theory”
  - SPP 1590 “Probabilistic Structures and Evolution”
  - SPP 1748 “Reliable Simulation Techniques in Solid Mechanics”
  - SPP 1786 “Homotopy theory and algebraic geometry” (initiated and soon to be coordinated by Prof. Marc Levine)
  - Research Training Group 1855/1 “Discrete optimization of technical systems under uncertainty”
  - German Centre for Mathematics Teacher Education (funded by Deutsche Telekom Stiftung); Didactics is involved in various ways here and in many coordinated projects, which are described in greater detail below.
- Further projects are funded by bodies such as the EU, BMBF, Humboldt Foundation and Deutsche Telekom Stiftung.



hier ist unsere Didaktik vielfältig involviert, genau wie in einer Vielzahl koordinierter Projekte, die unten ausführlicher erläutert werden.

Weitere Projekte werden zum Beispiel von EU, BMBF, Humboldt-Stiftung und Deutsche Telekom-Stiftung gefördert.

### Analysis/Numerik/Optimierung

Der Bereich Analysis/Numerik/Optimierung deckt ein weites Feld mathematischer Fragestellungen aus den Gebieten Differentialgeometrie, Analysis und Numerik partieller Differentialgleichungen und Optimierung ab. Die Forschung orientiert sich dabei in mehr oder weniger ausgeprägtem Maße an angewandten Problemstellungen aus den Natur- und Ingenieurwissenschaften, aber auch an grundlegenden innermathematischen Fragestellungen etwa im Bereich der geometrischen Analysis.

Durch eine Reihe von Neubesetzungen konnte in den vergangenen beiden Jahren der Bereich der Numerik neu aufgebaut werden, wobei auch mehr oder weniger ausgeprägte Bezüge zur Optimierung bestehen. Mit der Berufung der Professoren Christian Clason, Johannes Kraus und Irwin Yousept konnten in diesem Bereich hervorragende Wissenschaftler für unsere Fakultät gewonnen werden. Christian Clason beschäftigt sich in seiner Forschung mit inversen Problemen und ist auf diesem Gebiet international als Experte anerkannt, unter anderem, als Chair der Working Group TC7.4 „Inverse Problems and Imaging“ der International Federation for Information Processing (IFIP). Das Arbeitsgebiet von Johannes Kraus sind schnelle Löser für Diskretisierungen partieller Differentialgleichung, worüber er zu einem Hauptvortrag bei der internationalen Konferenz über „Domain Decomposition Methods“ DD22 in Lugano eingeladen war. Das Forschungsgebiet der Arbeitsgruppe von Irwin Yousept ist die Numerik partieller Differentialgleichungen im Hinblick auf die Optimalsteuerung. Dabei bilden Fragestellungen im Zusammenhang mit elektromagnetischen Feldern derzeit einen Schwerpunkt seiner Forschung. Auf der GAMM-Jahrestagung 2014 wurde ihm der Richard-von-



*Dekan/Dean: Prof. Dr. Andreas Gastel*

### Analysis/Numerical Analysis/Optimization

Analysis/Numerical Analysis/Optimization covers a broad range of mathematical topics from the fields of differential geometry, analysis and numerical analysis of partial differential equations and optimization. The research focuses to a greater or lesser extent on applied problems from the natural and engineering sciences, but it also considers fundamental intrinsic mathematical questions in fields such as geometric analysis.

Over the past two years, various new appointments have made it possible to restructure the area of Numerical Analysis with varying degrees of reference to Optimization. The appointment of Professors Christian Clason, Johannes Kraus and Irwin Yousept brings three further excellent scientists to our Faculty. Christian Clason researches inverse problems and is an internationally recog-



Mises Preis für außergewöhnliche wissenschaftliche Leistungen im Bereich der Angewandten Mathematik und Mechanik verliehen. Noch vor seinem Wechsel an unsere Fakultät war er erfolgreich an der Einwerbung des Sonderforschungsbereiches TRR 154 „Mathematische Modellierung, Simulation und Optimierung am Beispiel von Gasnetzwerken“ der DFG beteiligt, mit dem er auch weiterhin assoziiert ist.

In der Analysis konnte zum Wintersemester 2014/15 mit Georg Weiss ein erfahrener und etablierter Forscher für unsere Fakultät gewonnen werden, der in der Theorie nichtlinearer partieller Differentialgleichungen arbeitet. Seine Arbeiten an der Schnittstelle zwischen reiner und angewandter Mathematik erregten vor allem im Bereich von Problemen mit freien Rändern Aufsehen. Analytische und geometrische Methoden benutzt er für ein breites Spektrum von aus der Anwendung motivierten Fragestellungen, die unter anderem das Studium von Wasserwellen, Magnetohydrodynamik und rotierende Sterne umfassen.

In der Arbeitsgruppe von Prof. Gerhard Starke wurde durch die Neuberufung nach Essen die langjährige erfolgreiche Zusammenarbeit mit dem Institut für Mechanik von Prof. Jörg Schröder weiter ausgebaut. In einem gemeinsamen Projekt, welches von der DFG im Normalverfahren gefördert wird, wurde erstmals eine spannungsbasierte gemischte Finite-Element-Methode zur numerischen Simulation hyperelastischer Materialien entwickelt und analysiert. Im Rahmen des mitinitiierten DFG Schwerpunktprogramms 1748 „Zuverlässige Simulationstechniken in der Festkörpermechanik“ wird ein gemeinsamer Antrag der beiden Arbeitsgruppen zur Entwicklung neuer Finite-Elemente-Verfahren für finite Elasto-Plastizität für die nächsten drei Jahre gefördert. Dieses Projekt wie auch das gesamte Schwerpunktprogramm haben zum Ziel, die Einsetzbarkeit und das Verständnis moderner Diskretisierungsverfahren zur Simulation in der Festkörpermechanik zu erweitern, beispielsweise zur Vorhersage des Materialverhaltens unter Belastungen. In diesem Zusammenhang wurden in den letzten

nised expert in his field, among other things in his capacity as Chair of the Working Group TC7.4 “Inverse Problems and Imaging” of the International Federation for Information Processing (IFIP). Johannes Kraus’ field is fast solvers for discretisation of partial differential equations, a subject on which he was invited to give a keynote address at the international conference on “Domain Decomposition Methods” DD22 in Lugano. The research group of Irwin Yousept works on numerical analysis of partial differential equations in the context of optimal control. One main area of his research currently deals with questions relating to electromagnetic fields. At the GAMM annual conference in 2014, he was awarded the Richard-von-Mises Prize for exceptional scientific achievement in Applied Mathematics and Mechanics. Even before joining our Faculty he played a successful role in securing the DFG Collaborative Research Centre SFB/TRR 154 “Mathematic Modelling, Simulation and Optimization Using the Example of Gas Networks”, a project with which he continues to be associated.

In Analysis we were able to gain an experienced and established researcher for our Faculty as of the winter semester 2014/15 in Georg Weiss, whose field is the theory of nonlinear partial differential equations. His work at the interface between pure and applied mathematics attracted a great deal of attention in relation to problems with free boundaries. He employs analytical and geometric methods for a large range of issues motivated by application, including the study of water waves, magnetohydrodynamics and rotating stars.

Following his appointment to Essen, Prof. Gerhard Starke and his research group have been able to continue and build on a long-standing and successful collaboration with Prof. Jörg Schröder and the Institute of Mechanics. In a joint project, which is being funded by the DFG under its Individual Grants Programme, a stress-based mixed finite element method for numerical simulation of hyperelastic materials was developed and analysed for the first time. Within the framework of the co-initiated DFG Priority

zwei Jahren neue Ergebnisse über die Approximationsgüte von kanten- und flächenbasierten Finite-Element-Methoden bei vorgegebenen Randbedingungen auf gekrümmten Kurven oder Oberflächen erzielt.

Die Forschung in der Arbeitsgruppe von Prof. Rüdiger Schultz zur Optimierung des Gastransports in Pipelinesystemen und zur stochastischen Optimierung wurde im Berichtszeitraum weiter konsolidiert. Hier konnten insgesamt 4 Promotionen erfolgreich abgeschlossen werden. Die Arbeiten in zwei Teilprojekten des Graduiertenkollegs 1855/1 „Diskrete Optimierung technischer Systeme unter Unsicherheit“ der TU Dortmund sind erfolgreich angelaufen. Die internationale Wertschätzung der im gemeinsamen Mercatorprojekt mit Prof. Clausen (TU Dortmund) zum Thema „Ressourcenschonende Routenplanung in der Metropole Ruhr mittels stochastischer Optimierung“ erzielten Ergebnisse äußerte sich unter anderem durch eine Einladung der im Projekt tätigen Mitarbeiterin zu einem mehrmonatigen Forschungsaufenthalt an das renommierte Centre de recherche sur les transports (CRT) der Universität Montreal. Die projektbezogene Kooperation mit der in Essen ansässigen Gastransportgesellschaft Open Grid Europe wurde in der gesamten inhaltlichen Breite von mathematischen Grundlagenuntersuchungen bis zur Produktivstellung entwickelter Softwarekomponenten fortgeführt. Einen besonderen Höhepunkt hinsichtlich der Anerkennung seiner Forschung zu Theorie und industriellen Anwendungen der stochastischen Optimierung stellt die Mitwirkung von Prof. Schultz als auswärtiger Teilprojektleiter in dem von der DFG an den Standorten Erlangen, Berlin und Darmstadt zum 1. Oktober 2014 eingerichteten SFB Transregio TRR 154 „Mathematische Modellierung, Simulation und Optimierung am Beispiel von Gasnetzwerken“ dar.

In der Arbeitsgruppe von Prof. Arnd Rösch wurden im Berichtszeitraum weitere grundlegende Resultate zur A-priori- und A-posteriori-Fehleranalyse von Optimalsteuerproblemen bei partiellen Differentialgleichungen erzielt. Teilweise handelt es sich dabei um den Ertrag der geförderten

Programme 1748 “Reliable Simulation Techniques in Solid Mechanics”, a joint proposal by the two research groups to develop new finite element methods for finite elastoplasticity is being funded over the next three years. This project, like the Priority Programme as a whole, aims to extend the application and understanding of modern discretisation methods for simulation in solid mechanics, for example as a way of predicting material behaviour under loads. Over the past two years, new findings have been made in this area on the approximation quality of edge and surface-based finite element techniques under prescribed conditions on curved bends or surfaces.

Research in Prof. Rüdiger Schultz’s group on the optimisation of gas transport in pipeline systems and on stochastic optimisation was further consolidated in the reporting period. Here a total of four doctorates were brought to successful conclusion. The work on two subprojects of the Research Training Group 1855/1 “Discrete optimization of technical systems under uncertainty” of the TU Dortmund University has been launched successfully. International regard for the findings of the joint Mercator project with Prof. Clausen (TU Dortmund University) on “Resource-saving route planning in the Ruhr metropolis using stochastic optimisation” was reflected among other things in an invitation to the project researcher to spend several months at the prestigious Centre de recherche sur les transports (CRT) of the University of Montreal. Project cooperation with the Essen-based gas transport company Open Grid Europe continued at all levels, extending from pure mathematics research to going live with developed software components. Prof. Schultz received special recognition of his work on the theory and industrial applications of stochastic optimisation in his appointment as an external subproject leader in the SFB Transregio TRR 154 “Mathematical Modelling, Simulation and Optimization Using the Example of Gas Networks” launched by the DFG in Erlangen, Berlin and Darmstadt as from 1 October 2014.

Projekte in dem inzwischen ausgelaufenen DFG-Schwerpunktprogramm 1253 „Optimierung mit partiellen Differentialgleichungen“. Während des Berichtszeitraums war mit Bui Trong Kien ein erfahrener Humboldt-Postdoktorand für insgesamt 18 Monate mit dem Projekt „Qualitative studies for optimal control problems governed by ordinary differential equations and partial differential equations“ zu Gast in der Arbeitsgruppe. Gemeinsam mit den Kollegen Prof. Christian Meyer (TU Dortmund) und Prof. Klaus Hackl (RU Bochum) arbeitet Prof. Arnd Rösch ab November 2014 an einem MERCUR-Projekt zum Thema „Optimale Steuerung mechanischer Schädigungsprozesse“.

In der Arbeitsgruppe von Prof. Andreas Gastel wurde über Probleme der Variationsrechnung geforscht, und zwar einerseits über Funktionale aus der Eichtheorie und andererseits über geometrische Funktionale höherer Ordnung. Bezüglich der letzteren Thematik wird seit Herbst 2014 ein Forschungsprojekt von der DFG im Normalverfahren finanziert. Zusammen mit Prof. Christoph Scheven wurden beide Teilbereiche zusammengeführt zu einer Arbeit über Eichfunktionale höherer Ordnung.

Des Weiteren hat Prof. Christoph Scheven schwerpunktmäßig über degenerierte parabolische Probleme sowie über geometrisch motivierte Flüsse geforscht. Im Berichtszeitraum hat er eine Kooperation mit Prof. Verena Bögelein aus Salzburg und Dr. Teemu Lukkari aus Jyväskylä (Finnland) über Hindernisprobleme vom Poröse-Medien-Typ initiiert, wobei Resultate zur Existenz und zur Regularität von Lösungen erzielt wurden.

In der Arbeitsgruppe von Prof. Paola Pozzi wurde über analytische und numerische Fragestellungen bei geometrischen partiellen Differentialgleichungen und der Regularitätstheorie geometrischer Funktionale geforscht. Dabei wurden in Zusammenarbeit mit Prof. Martin Rumpf (Bonn) und Prof. Anna Dall’Aqua (Ulm) interessante Resultate unter anderem zur Modellierung und Numerik des anisotropen Willmore-Flusses und zur Langzeitexistenz des Flusses elastischer Kurven erzielt. Ausserdem wurden neue Erkenntnisse

During the reporting period, the research group of Prof. Arnd Rösch made further key findings in a priori and a posteriori error analysis of optimal control problems in partial differential equations. The results were yielded partly by the projects funded under the now expired DFG Priority Programme 1253 “Optimization with partial differential equations”. In the period under review, Bui Trong Kien, an experienced Humboldt post-doctoral fellow, joined the research group for a total of 18 months with the project “Qualitative studies for optimal control problems governed by ordinary differential equations and partial differential equations”. As from November 2014, Prof. Rösch is working with his colleagues Prof. Christian Meyer (TU Dortmund University) and Prof. Klaus Hackl (RU Bochum) on a MERCUR project on “Optimal control of mechanical degradation processes”.

Research in the group of Prof. Andreas Gastel was conducted on problems of the calculus of variations using functionals from gauge theory and higher-order geometric functionals. Since autumn 2014, a research project on the latter topic has been financed by the DFG under its Individual Grants Programme. In collaboration with Prof. Christoph Scheven, both subareas have been combined in a single work on higher-order gauge functionals.

Prof. Christoph Scheven has further been researching degenerate parabolic problems and geometrically motivated flows. In the reporting period he initiated cooperation with Prof. Verena Bögelein from Salzburg and Dr. Teemu Lukkari of Jyväskylä (Finland) on obstacle problems of the porous media type, which has already produced results on the existence and regularity of solutions.

Research in the group of Prof. Paola Pozzi was conducted on analytical and numerical questions relating to geometric partial differential equations and the regularity theory of geometric functionals. In collaboration with Prof. Martin Rumpf (Bonn) and Prof. Anna Dall’Aqua (Ulm), interesting results were achieved on topics including modeling and numerical analysis of the anisotropic





zu geometrischen Krümmungsenergien mit möglichen Anwendungen in bio-physikalischen Abstoßungsprozessen gewonnen.

In der Arbeitsgruppe von Prof. Ulrich Dierkes werden einerseits analytische Aspekte von Differentialgleichungen und Variationsproblemen untersucht, die durch geometrische bzw. physikalische Fragestellungen motiviert sind. Dabei handelt es sich zum Beispiel um Existenz- und Regularitätsfragen für Minimalflächen oder Flächen vom Typ des Hängedaches, geometrische Evolutionsprobleme oder freie Randwertprobleme. In einem von der Studienstiftung des deutschen Volkes geförderten Promotionsvorhaben sind interessante Einschließungssätze im Kontext der geometrischen Maßtheorie bewiesen worden. Zwei weitere Dissertationen beschäftigen sich zum Einen mit sogenannten Bernsteinsätzen für nichtlineare Gleichungen oder Systeme in höheren Dimensionen, ferner mit diffizilen Regularitätsuntersuchungen bei singulären Variationsproblemen und dabei auftretenden freien Rändern, wobei interessante Resultate erzielt wurden. Andererseits werden in Zusammenarbeit mit der Arbeitsgruppe von Prof. Pozzi Projekte zur numerisch-geometrischen Analysis betreut, insbesondere zur Numerik für Minimalflächen mit freien Rändern. Hierzu sind wichtige und ermutigende Ergebnisse erzielt worden. Daher ist geplant, diese interdisziplinäre Forschung fortzusetzen und zu vertiefen.

In der Arbeitsgruppe von Prof. Petra Wittbold wurde die erfolgreiche Zusammenarbeit im Rahmen der von der Humboldt-Stiftung geförderten Institutspartnerschaft (2013–2015) mit der Universität Warschau weitergeführt, wobei neue Ergebnisse zu Erhaltungsgleichungen mit unzeitigem Fluss erzielt wurden. Während eines eingeladenen und durch den französischen CNRS finanzierten Forschungsaufenthaltes an die Universität in Pau wurden eine Reihe von Arbeiten zur Thematik „Stochastic perturbations of conservation laws“ auf den Weg gebracht, von denen die erste bereits erschienen ist. Zusammen mit Kollegen aus Bielefeld und der TU Berlin hat Prof. Wittbold im November 2013 in Berlin einen Workshop „Recent Trends in Differential

Willmore flow and on the long-time existence of the flow of elastic curves. New insights were also gained into geometric curvature energies with possible applications in biophysical repulsion processes.

The research group of Prof. Ulrich Dierkes investigates analytical aspects of differential equations and variation problems motivated by geometrical or physical questions. These include existence or regularity questions relating to minimal or suspended roof-type surfaces, geometric evolution problems or free boundary value problems. Interesting sandwich theorems in relation to geometric measure theory have been proven in a doctoral project funded by the German National Academic Foundation. Two further dissertations deal with what are known as Bernstein sets theorems for nonlinear equations or systems in higher dimensions, and with difficult regularity analysis in singular variation problems and the free boundaries occurring in the process, which have already yielded interesting results. Cooperation also continues with the research group of Prof. Pozzi on projects relating to numerical geometric analysis, in particular numerical analysis for minimal surfaces with free boundaries. The researchers have already achieved important and promising results in this context. There are therefore plans to continue and intensify this successful collaboration.

In Prof. Petra Wittbold's research group, the successful collaboration with the University of Warsaw under the institute partnership funded by the Humboldt Foundation (2013–2015) continued and produced new findings on conservation laws with discontinuous flow. During a period of research at the University in Pau at the invitation of and funded by the French CNRS, various studies on the topic of “Stochastic perturbations of conservation laws” were launched, the first of which has already been published. In November 2013, Prof. Wittbold and colleagues from Bielefeld and the TU Berlin organised a workshop entitled “Recent Trends in Differential Equations: Analysis and Discretization Methods” in Berlin. It was also here in March 2013 that the fifth “Spring School





Equations: Analysis and Discretization Methods“ organisiert. Dort fand im März 2013 bereits die 5. „Spring School on Evolution Equations“ statt, die gemeinsam mit Prof. Etienne Emmrich (TU Berlin) veranstaltet wurde.

In der Arbeitsgruppe von Prof. Patrizio Neff wurden unter anderem neue Verbindungen zwischen Differentialgeometrie und nichtlinearer Elastizitätstheorie gefunden, welche die Forschung auch in Richtung Matrix-Analysis befruchtet haben.

Prof. Dirk Pauly konnte unter anderem in Zusammenarbeit mit Dr. Olli Mali aus Jyväskylä (Finnland) funktionale a posteriori Fehlerschätzer für elliptische Außenraumaufgaben entwickeln und neue Abschätzungen für die Maxwell-Konstanten erzielen. Zusammen mit Prof. Repin (St. Petersburg) veranstaltet er seit einigen Jahren einen Workshop zum Thema „Analysis and Advanced Numerical Methods for Partial Differential Equations“, der 2014 in St. Petersburg, 2013 in Strobl und 2012 in Konnevesi/Jyväskylä stattfand.

### Stochastik

Typische Fragestellungen aus der Ökonomie und den Ingenieurwissenschaften erfordern die statistische Analyse großer Datenmengen bei komplizierter Datenstruktur. So erfordern Untersuchungen zum Risikomanagement statistische Analysen und das Schätzen der Parameter von Finanzzeitreihen. Außerdem benötigen Risikomanagement und ökonometrische Analysen aufgrund der hohen Dimensionalität der Datenstrukturen Ansätze zur Dimensionsreduktion. Klassische Verfahren wie PCA (Hauptkomponentenanalyse) oder ICA (Independent Component Analysis) beruhen auf sehr strikten Modellannahmen und sind daher nur bedingt anwendbar. Einen speziellen Datentyp stellen Zeitreihen dar. Häufig werden die interessierenden Größen nur indirekt, etwa vermittelt durch lineare oder nichtlineare Abbildungen, beobachtet. Die Daten können durch Modelle mit unbekanntem Parameter erklärt werden, wobei die Bestimmung der Modellparameter oft ein schlecht gestelltes Problem ist. Dies ist auch für viele finanzmathematische Probleme, zum Beispiel die Schätzung

on Evolution Equations“ took place, which was organised jointly with Prof. Etienne Emmrich (TU Berlin).

The achievements of the research group of Prof. Patrizio Neff included the discovery of new connections between differential geometry and nonlinear elasticity theory, which have also stimulated research in the direction of matrix analysis.

Prof. Dirk Pauly in conjunction with Dr. Olli Mali from Jyväskylä (Finland) succeeded in developing functional a posteriori error estimates for elliptic boundary value problems in exterior domains and new estimates for the Maxwell constants. For some years now, he and Prof. Repin (St. Petersburg) have been organising a workshop on “Analysis and Advanced Numerical Methods for Partial Differential Equations”, which was held in 2014 in St. Petersburg, in 2013 in Strobl and in 2012 in Konnevesi/Jyväskylä.

### Stochastics

The typical problems of economics and engineering sciences rely on the analysis of large quantities of data with a complex structure. Risk management assessments, for example, require both statistical analysis and an estimate of the parameters of financial time series. Given the high-dimension data structures, risk management and econometric analyses also require means of reducing dimension. Classical techniques such as PCA (Principal Component Analysis) and ICA (Independent Component Analysis) work under very strict assumptions on the underlying model and are therefore only useful to a limited extent. Time series are a special kind of data structure. Often, the interesting variables are only observed indirectly, for instance through linear or non-linear maps. While the data can be explained by models with unknown parameters, determining the model parameters often proves to be an ill-posed problem. This is also characteristic of many problems in financial mathematics, for example estimating and calibrating stock market models. The particular challenge in estimating and calibrating stochastic models in financial mathematics arises because the associated inverse problems

und Kalibrierung von Aktienmodellen, charakteristisch. Das Problem der Kalibrierung und der Schätzung von stochastischen Modellen in der Finanzmathematik stellt eine besondere Herausforderung dar, weil die auftretenden inversen Probleme nichtlinear sind. Mit dieser Thematik beteiligt sich die Arbeitsgruppe von Prof. Denis Belomestny mit einem Teilprojekt am DFG-Sonderforschungsbereich 823 „Statistical modelling of nonlinear dynamic processes“, der vor kurzem positiv evaluiert wurde. Hier forschen Mathematiker, Statistiker sowie Wirtschaftswissenschaftler der Universitäten Dortmund, Bochum und Duisburg-Essen gemeinsam. Diese Forschungstätigkeit wurde auch in internationalen Kooperationen mit Prof. Nan Chen (Hong Kong), Prof. Valentine Genon-Catalot (Paris), Dr. Aleksandar Mijatovic (London) verfolgt. Sein Buch, das 2015 erscheint, wurde in Zusammenarbeit mit Prof. Markus Reiß (Berlin) geschrieben. Im Rahmen der Kooperation mit der Arbeitsgruppe von Prof. Belomestny hat Dr. Mijatovic 2014 ein Humboldt-Forschungsstipendium für erfahrene Wissenschaftler bekommen. Des Weiteren forscht die Arbeitsgruppe von Prof. Belomestny in die Richtung Numerik der stochastischen Differenzialgleichungen (Prof. Belomestny, Jun.-Prof. Mikhail Urusov), was aktuell ein schnell wachsendes Forschungsgebiet ist. Weitere Forschungstätigkeiten umfassen Risikomanagement (Dr. Volker Krätschmer) sowie Diffusionsprozesse und ihre Anwendungen (Jun.-Prof. Urusov), und es bestehen auch in diesen Gebieten internationale Kooperationen mit London (Prof. Mihail Zervos, Dr. Mijatovic) und Moskau (Prof. Albert Shiryaev).

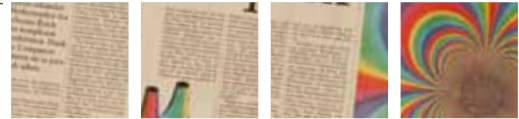
Die Forschungsaktivität innerhalb der Arbeitsgruppe von Prof. Anita Winter konzentriert sich auf die Analyse von komplex wechselwirkenden stochastischen Systemen, die in der mathematischen Physik und der mathematischen Biologie auftreten. Ein Forschungsschwerpunkt liegt bei Systemen und Fragen, die durch die mathematische Biologie, insbesondere durch die Evolutionstheorie und Zellbiologie, motiviert sind. Dabei werden zum Beispiel Populationen von Individuen betrachtet, die durch einen (biologischen) Typen

## Ausgewählte Publikationen

### Selected Publications

- Bertolini, M., H. Darmon, K. Prasanna (2013): Generalised Heegner cycles and p-adic Rankin L-series (With an appendix by Brian Conrad). *Duke Math. J.* 162 No. 6, 1033–1148.
- Bruder, R., L. Hefendehl-Hebeker, B. Schmidt-Thieme, H.-G. Weigand (Hrsg.) (2014): *Handbuch Mathematikdidaktik*. Berlin: Springer-Spektrum.
- Dall’Acqua, A., P. Pozzi (2014): A Willmore-Helfrich  $L^2$ -flow of curves with natural boundary conditions. *Communications in Analysis and Geometry* 22 (4), 617–669.
- Fruth, A., T. Schöneborn, M. Urusov (2014): Optimal trade execution and price manipulation in order books with time-varying liquidity. *Mathematical Finance* 24, 651–695.
- Heinloth, J., B.-C. Ngô, Z. Yun (2013): Kloosterman sheaves for reductive groups, *Annals of math.* 177, No. 1, 241–310.
- Krätschmer, V., A. Schied, H. Zähle (2014): Comparative and qualitative robustness for law-invariant risk measures. *Finance and Stochastics* 18, 271–295.
- Kohls, K., A. Rösch, K. G. Siebert (2014): A Posteriori Error Analysis of Optimal Control Problems with Control Constraints. *SIAM Journal on Control and Optimization* 52 (3), 1832–1861.
- Müller, B., G. Starke, A. Schwarz, J. Schröder (2014): A First-Order System Least Squares Method for Hyperelasticity. *SIAM Journal on Scientific Computing* 36 (5), B795–B816.
- Paskunas, V. (2013): The image of Colmez’s Montreal functor. *Publ. Math. I.H.E.S.* 118, 1–191.
- Rott, B., T. Leuders, E. Stahl (2014): Assessment of Mathematical Competencies and Epistemic Cognition of Pre-Service Teachers. *Zeitschrift für Psychologie*, im Druck.

are nonlinear. These topics are investigated by the research group of Prof. Denis Belomestny in a subproject of the DFG Collaborative Research Centre 823 “Statistical modelling of nonlinear dynamic processes”, which recently received a positive evaluation. This is a joint research project between mathematicians, statisticians and economists from the Universities of Dortmund, Bochum and Duisburg-Essen. Work on the project has also been conducted in international cooperation with Prof. Nan Chen (Hong Kong), Prof. Valentine Genon-Catalot (Paris), and Dr. Aleksandar Mijatovic (London). Prof. Belomestny’s



charakterisiert sind. Innerhalb einer gegebenen geographischen Struktur findet Migration statt. Die Individuen reproduzieren sich mit Raten, die lokal von jeweiligen lebenswichtigen Ressourcen sowie der aktuellen Größe der Populationen abhängen, die um diese Ressourcen (mit-) konkurrieren. Von Interesse ist, unter welchen Bedingungen an die Parameter des Modells Individuen unterschiedlicher Phänotypen auch nach langer Zeit nebeneinander koexistieren können. Mit dieser Thematik beteiligt sich die Arbeitsgruppe am DFG Sonderforschungsbereich/Transregio 12 „Symmetries and Universalities in Mesoscopic systems“ mit einem Teilprojekt „Fluctuations and large deviations in nonequilibrium stochastic dynamics“. Dies ist ein gemeinsames Forschungsprojekt von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern aus der Mathematik und Physik der Universitäten Bochum, Duisburg-Essen, Köln sowie der LMU München. Viele Mikroorganismen, insbesondere RNA-Viren, evolvieren so schnell, dass Evolution und Epidemiologie auf derselben Zeitskala stattfinden. Die großen Mutations- und Replikationsraten führen zu Diversität, die es erschwert, Epidemien unter Kontrolle zu bekommen. Die Pathogenmuster – und insbesondere die Topologie der Phylogenien – werden von der Stärke des selektiven Drucks, ausgeübt durch die entsprechenden Level von Kreuzimmunität, beeinflusst. Mit Kreuzimmunität wird die Reaktion des Immunsystems des Wirtes bezeichnet, die den Virusstrang sowie ähnliche Varianten bekämpft. Damit verbundene Fragestellungen werden von der Arbeitsgruppe in einem Teilprojekt „Modeling of evolving phylogenies in the context of phylogenetic pattern“ in dem DFG-Schwerpunktprogramm SPP 1590 „Probabilistic Structures and Evolution“ untersucht. Diese Forschungstätigkeit wird in engen internationalen Kooperationen (Frankreich, Indien, Israel, Kanada, Singapur) verfolgt.

Die Arbeitsgruppe von Prof. Martin Hutzenthaler studiert die Regularität und effiziente Approximation von stochastischen (partiellen) Differentialgleichungen. Da Erwartungswerte der Lösungen meist nicht mit optimaler Rate mit

book, which is to be published in 2015, was written in collaboration with Prof. Markus Reiß (Berlin). Within the cooperation with the research group of Prof. Belomestny, Dr. Mijatovic was granted a Humboldt Research Fellowship for experienced researchers in 2014. Prof. Belomestny's research group is also working on the numerical analysis of stochastic differential equations (Prof. Belomestny, Jun. Prof. Mikhail Urusov), a rapidly growing area of research at the present time. Further research activities include risk management (Dr. Volker Krätschmer) and diffusion processes and their applications (Jun. Prof. Urusov), areas in which international cooperation with London (Prof. Mihail Zervos, Dr. Mijatovic) and Moscow (Prof. Albert Shiryaev) is also ongoing.

Research activity in Prof. Anita Winter's group centres on the analysis of complex interacting stochastic systems found in mathematical physics and mathematical biology. One focus of the research is on systems and questions motivated by mathematical biology, especially evolution theory and cell biology. This work involves, for example, observing populations of individuals who are characterised by a (biological) type. Migration takes place within a given geographical structure. The individuals reproduce at rates which are dependent on the locally available essential resources and the current size of the populations competing for those resources. Here the researchers are interested in understanding under which conditions on the model parameters individuals of different phenotypes can also coexist over a long period of time. These are the topics on which the research group is taking part in the DFG Collaborative Research Centre/Transregio 12 “Symmetries and Universalities on Mesoscopic systems” with a subproject entitled “Fluctuations and large deviations in nonequilibrium stochastic dynamics”. The joint research project is being conducted with mathematicians and physicists from the Universities of Bochum, Duisburg-Essen, Cologne and the LMU Munich. Because many microorganisms, in particular RNA viruses, evolve so rapidly, evolution and epidemiology take place on the same time scale. The high mutation

dem Euler-Verfahren approximiert werden können, steht die Erforschung effizienterer Verfahren im Mittelpunkt. Grundlegend hierfür ist das Verständnis der zeitlichen und räumlichen Regularität der Lösungen von stochastischen Differentialgleichungen. Ein bedeutendes Beispiel ist das Heston model, das in der Finanzbranche tagtäglich approximiert wird, um Preise von Optionen festzulegen. Des Weiteren erforscht die Arbeitsgruppe selektiven Druck auf räumlich strukturierte Populationen. Im Teilprojekt „Evolution of altruistic defense traits in structured populations“ im Rahmen des DFG-Schwerpunktprogramms SPP 1590 „Probabilistic Structures and Evolution“ werden Modelle für Erbmaterial untersucht, dessen Träger trotz verringerter Reproduktionsrate durch ein für die umgebende Population vorteilhaftes Verhalten einen selektiven Vorteil erlangen.

### **Algebra/Algebraische Geometrie/ Zahlentheorie**

Im Essener Seminar für Algebraische Geometrie und Arithmetik (ESAGA) werden Themen der Algebraischen Geometrie, Zahlentheorie und Algebraischen Topologie untersucht. Zu den kennzeichnenden Forschungsinteressen zählen Motivic Homotopietheorie, Algebraische Kobordismen, Fragen bezüglich rationaler Punkte, das Langlands-Programm, Shimura-Varietäten, Gitter und Thetareihen, algebraische Stacks, Modulräume,  $p$ -adische Langlands-Theorie,  $L$ -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 „Moduli spaces, periods and arithmetic of algebraic varieties“ (Mainz/Bonn/Essen) befindet sich in der zweiten Förderperiode. Dies ermöglichte dem Essener Seminar eine Vielzahl von Forschungsaktivitäten, insbesondere durch Doktoranden- und Postdoktoranden-Stellen, sowie wissenschaftlichen Austausch durch Aufenthalte von Gastwissenschaftlern. Prof. Ulrich Görtz und auch Ishai Dan-Cohen aus der Arbeitsgruppe

and replication rates lead to diversity, which impedes the control of epidemics. The pathogen-associated patterns – and in particular the topology of phylogenies – are influenced by the selective pressure exerted by the corresponding level of cross-immunity. Cross-immunity describes the reaction of the host immune system that fights the virus strain and similar variants. Related questions are explored in a subproject, “Modelling of evolving phylogenies in the context of phylogenetic pattern”, of the DFG Priority Programme SPP 1590 “Probabilistic Structures and Evolution”. The research is conducted in close international cooperation (Canada, France, India, Israel and Singapore).

Prof. Martin Hutzenthaler’s research group studies the regularity and efficient approximation of stochastic (partial) differential equations. Because it is not usually possible to approximate expectation values of solutions at an optimal rate using the Euler method, research focuses here on finding more efficient alternatives. Essential to this work is an understanding of the temporal and spatial regularity of the solutions of stochastic differential equations. One important example is the Heston model, which is approximated on a daily basis in the financial sector to set the price of options. The group also researches selective pressure on spatially structured populations. The “Evolution of altruistic defense traits in structured populations” subproject within DFG Priority Programme SPP 1590 “Probabilistic Structures and Evolution” investigates models for genetic material, the carriers of which gain a selective advantage, in spite of a reduced reproduction rate, as a result of a behaviour that is beneficial to the surrounding population.

### **Algebra/Algebraic Geometry/ Number Theory**

Research at the Essen Seminar for Algebraic Geometry and Arithmetic (ESAGA) covers topics of algebraic geometry, arithmetic and algebraic topology. Representative research interests include motivic homotopy theory, algebraic cobordism, rational points, the Langlands program, Shimura



## Professorinnen und Professoren

### Professors

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

von Prof. Jochen Heinloth sind zudem am DFG-Schwerpunktprogramm 1489 „Algorithmische und Experimentelle Methoden in Algebra, Geometrie und Zahlentheorie“ beteiligt.

Das von Prof. Marc Levine initiierte Schwerpunktprogramm 1786 „Homotopy theory and algebraic geometry“ ist von der DFG bewilligt worden und wird unter seiner Koordination 2015 seine Arbeit aufnehmen.

Wie gewohnt, hatte das Essener Seminar eine große Zahl von internationalen Gastwissenschaftlern, die als Langzeitbesucher nach Essen kommen. Im Sommersemester 2014 fand, unterstützt durch die Humboldt-Professur von Prof. Marc Levine, ein spezielles Semester zur motivischen Homotopietheorie mit fünf Vortragsreihen internationaler Gastwissenschaftler und einem internationalen Workshop zum Thema „Motivic homotopy groups of spheres“ statt. Zudem verbrachte Prof. Jerzy Weyman (University of Connecticut) einen durch ein Humboldt Senior Research Award geförderten

varieties, lattices and theta series, algebraic stacks, moduli spaces, p-adic local Langlands theory, L functions, and representation theory of p-adic Lie groups.

The many connections between these different topics create a lively exchange between the research groups at the Essen Seminar.

The Transregio Collaborative Research Centre 45 “Moduli spaces, periods and arithmetic of algebraic varieties” (Mainz/Bonn/Essen) is currently in its second funding period. It has made way for a variety of research activities, especially through doctoral and postdoctoral posts, and scientific exchange with visiting scholars at the Essen Seminar. Prof. Ulrich Görtz and also Ishai Dan-Cohen from Prof. Jochen Heinloth’s research group are furthermore taking part in the DFG Priority Programme SPP 1489 “Algorithmic and Experimental Methods in Algebra, Geometry and Number Theory”.

The Priority Programme initiated by Prof. Marc Levine, SPP 1786 “Homotopy theory and algebraic geometry”, has been approved by the DFG and will commence its work with Prof. Levine as coordinator in 2015.

The Essen Seminar again hosted a large number of international scholars for extended visits to Essen. In the summer semester of 2014, a special semester was held with the support of the Humboldt professorship of Prof. Marc Levine on the topic of motivic homotopy theory, which included five lecture series by international visiting scientists and an international workshop on “Motivic homotopy groups of spheres”. Prof. Jerzy Weyman (University of Connecticut) also joined Prof. Levine’s research group for several months of research funded by a Humboldt Senior Research Award.

Over the past two years, the Essen Seminar has gained three new professors, which means that all the posts in Algebra are now occupied in the Faculty. Prof. Massimo Bertolini joined the Essen Seminar from the University of Milan in the winter semester 2013/14. Prof. Jan Kohlhaase followed in 2014, and Prof. Daniel Greb has also taken up his post as from winter semester 2014/15.



mehrmonatigen Forschungsaufenthalt in der Arbeitsgruppe Levine.

Das Essener Seminar konnte in den vergangenen zwei Jahren drei neue Professoren gewinnen, so dass nun endlich wieder alle Stellen der Fakultät im Bereich Algebra besetzt sind. Prof. Massimo Bertolini kam im Wintersemester 2013/14 von der Universität Mailand an das Essener Seminar. Prof. Jan Kohlhaase stieß 2014 zu uns und zum Wintersemester 2014/15 hat Prof. Daniel Greb sein Amt angetreten. Alle drei beteiligen sich schon am Fortsetzungsantrag für die dritte Förderperiode des SFB.

Die ESAGA-Mitglieder haben mit Mathematikern aus der ganzen Welt zusammengearbeitet, unter anderem mit Pierre Colmez (CNRS Paris), Henri Darmon (Mc Gill University, Montreal), Oscar Garcia-Prada (CSIC Madrid), Tamas Hausel (EPFL Lausanne), Xuhua He (University of Maryland), Julius Ross (Cambridge), Jerzy Weyman (University of Connecticut).

#### **Preise und Auszeichnungen:**

- Prof. Marc Levine wurde 2013 in die Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina aufgenommen.
- Dr. André Chatzistamatiou wurde mit einem Heisenberg-Stipendium ausgezeichnet, das er am Max-Planck-Institut für Mathematik in Bonn wahrnimmt.

#### **Konferenzen in Essen:**

- Im Juni 2014 fand im Rahmen des speziellen Semesters über algebraische Homotopietheorie der Workshop „Motivic Homotopy Groups of Spheres“ statt, mit TeilnehmerInnen unter anderem aus Indien, Japan, Russland, Schweden und den USA.

#### **Didaktik der Mathematik**

Die Mathematik stellt ein zentrales Element der schulischen Ausbildung dar, weshalb die Ausbildung von (zukünftigen) Mathematiklehrkräften eine bedeutende Aufgabe darstellt. Die Arbeitsgruppen im Bereich Didaktik der Mathematik leisten hierzu einen wichtigen Beitrag, ihre

All three are already involved in the application for the third funding period of the Collaborative Research Centre.

The members of ESAGA have worked with mathematicians from all over the world, including Pierre Colmez (CNRS Paris), Henri Darmon (McGill University, Montreal), Oscar Garcia-Prada (CSIC Madrid), Tamas Hausel (EPFL Lausanne), Xuhua He (University of Maryland), Julius Ross (Cambridge), and Jerzy Weyman (University of Connecticut).

#### **Awards and Distinctions:**

- Prof. Marc Levine was accepted into the National Academy of Sciences Leopoldina in 2013.
- Dr. André Chatzistamatiou received a Heisenberg Fellowship, which he is taking up at the Max Planck Institute for Mathematics in Bonn.

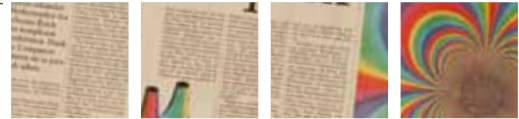
#### **Conferences in Essen:**

- As part of the special semester on algebraic homotopy theory, a workshop on “Motivic Homotopy Groups of Spheres” was held in June 2014 with participants from countries including India, Japan, Russia, Sweden and the USA.

#### **Didactics of Mathematics**

Mathematics is a central element of school education, and training (future) mathematics teachers is therefore an important task. The research groups in the Didactics of Mathematics contribute significantly in this context with work covering many aspects of mathematics teaching at all school levels. The Didactics of Mathematics is currently being restructured. In the process, Prof. Lisa Hefendehl-Hebeker and Prof. Hans Niels Jahnke remain at the Faculty as senior professors and have been joined in the past year by Prof. Bärbel Barzel, Prof. Andreas Büchter and Jun. Prof. Benjamin Rott.

The “Learning process and teaching research” group (Prof. Petra Scherer) conducts projects to analyse teaching processes and individual learning processes, paying particular attention to learning difficulties and dealing with heterogeneity in mathematics teaching. The head of the research



Arbeit deckt vielfältige Gebiete der Fachdidaktik für alle Schulstufen ab. Momentan befindet sich der Bereich Didaktik der Mathematik in einem Umstrukturierungsprozess, Prof. Lisa Hefendehl-Hebeker und Prof. Hans Niels Jahnke bleiben der Fakultät mit Seniorprofessuren erhalten, ihre Arbeit neu aufgenommen haben im letzten Jahr Prof. Bärbel Barzel, Prof. Andreas Büchter und Jun.-Prof. Benjamin Rott.

In der Arbeitsgruppe „Lernprozess- und Unterrichtsforschung“ (AG Scherer) werden Projekte zur Analyse von Unterrichtsprozessen und individuellen Lernprozessen durchgeführt, insbesondere unter der Perspektive erschwerter Lernprozesse sowie zum Umgang mit Heterogenität im Mathematikunterricht. Die Leiterin der AG ist auch Leiterin der Abteilung „Inklusion und Risikoschüler“ des Deutschen Zentrums für Lehrerbildung (DZLM, gefördert von der Deutsche Telekom Stiftung). Im Rahmen dieses Projekts geht es vorrangig um die Professionalisierung von Lehrkräften (beispielsweise im inklusiven Mathematikunterricht) und um konzeptionelle Entwicklungen im Bereich der Lehrerfortbildung, unter anderem werden in einem Teilprojekt „Förderdiagnostische Kompetenzen von Grund- und Förderschullehrkräften im inklusiven Mathematikunterricht“ untersucht. Weitere Forschungsaktivitäten sind im Rahmen der „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ geplant. In der Arbeitsgruppe werden darüber hinaus im Projekt „Mathe-Spürnasen“ Experimentierworkshops für Grundschulklassen angeboten. Dieses Angebot wird weiter ausgebaut, und die Begleitforschung umfasst unter anderem die folgenden Teilprojekte: „Einsatz von substanziellen Lernumgebungen in heterogenen Lerngruppen“ und „Umgang mit Heterogenität – Entwicklung und Evaluation eines Konzepts zur Förderung mathematischer Lernprozesse im Rahmen inner- und außerschulischer Lerngelegenheiten“. Darüber hinaus werden die weiteren Teilprojekte „Vorunterrichtliche Vorstellungen von Lernenden zu negativen Zahlen“, „Mathematik im Alltag der Kindertagesstätte – Mathematische Lerngelegenheiten in Bilderbüchern entdecken und nutzen“, „Lern-

group also leads the “Inclusion and Students at Risk” department of the German Centre for Mathematics Teacher Education (DZLM, funded by Deutsche Telekom Stiftung). This project is mainly concerned with the professionalisation of teaching (for example in inclusive mathematics instruction) and conceptual developments in continuing professional development for teachers, including a subproject exploring diagnostic skills among elementary and special school teachers in inclusive mathematics. Other research activities are also planned under the “Teacher Education Quality Offensive”. The research group also offers experiment mornings for elementary school classes as part of its “Maths Detectives” project. This particular offering is being extended, and the accompanying evaluation includes subprojects such as “Use of substantial learning environments in heterogeneous groups of learners” and “Handling heterogeneity – development and evaluation of a concept to promote mathematical learning processes in and out of school”. The other subprojects currently in progress are: “Teacher’s Notions regarding Negatives Prior to Instruction”, “Everyday Mathematics at Nursery – Discovering and Using Opportunities to Learn Mathematics in Picture Books”, “Learning Processes in Heterogeneous Study Groups – Analysis in Mixed Age Mathematics Classes”, and “Comparative Study about the Use of Mathematical Learning Material in Germany and Korea”.

One of the projects successfully conducted by the research group of Prof. Barzel is its cooperation with the DZLM in organising training and continuing development for multipliers, i. e., for teachers and educators who train other teachers and educators. Another is FaSMED (Improving Progress for Lower Achievers through Formative Assessment in Science and Mathematics Education), which is funded by the European Union and works to improve mathematics and natural science skills in Europe and South Africa. The group is also supervising the VisDeM (Visualisations in German and Mathematics Teaching) doctoral project in cooperation with the PH Freiburg. Other successful, long-running projects include T<sup>3</sup> (Teachers

prozesse in heterogenen Lerngruppen – Analysen im altersdurchmischten Mathematikunterricht“, sowie „Vergleichsstudie zum Einsatz von Mathematiklehrwerken in Deutschland und Korea“ bearbeitet.

Die Arbeitsgruppe von Prof. Barzel zeichnete sich unter anderem durch folgende Projekte aus: In Zusammenarbeit mit dem DZLM wurde die Fort- und Weiterbildung von Multiplikatoren – also von Lehrkräften und Pädagogen zur Fortbildung anderer Lehrer und Pädagogen – organisiert. Das Projekt FaSMED (Improving Progress for Lower Achievers through Formative Assessment in Science and Mathematics Education) wird von der Europäischen Union gefördert und dient der Verbesserung mathematischer und naturwissenschaftlicher Fähigkeiten in Europa und Südafrika. In Kooperation mit der PH Freiburg wird das Promotionsprojekt VisDeM (Visualisierungen im Deutsch- und Mathematikunterricht) betreut. Darüber hinaus laufen seit vielen Jahren sehr erfolgreich die Projekte T<sup>3</sup> (Teachers Teaching with Technology) – ein weltweites Netzwerk von Lehrerbildungsorganisationen, dessen Schwerpunkt die Unterstützung von Unterricht mit elektronischen Medien darstellt –, KOSIMA (Kontexte für sinnstiftendes Mathematiklernen) – ein Projekt für die Sekundarstufe I, in dem Schule, Hochschule und ein Schulbuchverlag gemeinsam Lernarrangements entwickeln und erforschen – sowie das im Juli 2014 beendete Promotionskolleg ProMatNat (Pädagogische Professionalität in Mathematik und Naturwissenschaften).

In der Arbeitsgruppe von Prof. Büchter wird der Forschungsschwerpunkt „Sprachkompetenz und Mathematiklernen“ mit dem Projekt „Untersuchung des Zusammenwirkens von sprachlichen und konzeptuellen Merkmalen bei Mathematikaufgaben – Empirische Analysen mit experimentellem Design“ in Zusammenarbeit mit dem Bereich ProDaZ der UDE weiter gestärkt (Projektförderung durch die Qualitäts- und Unterstützungsagentur – Landesinstitut für Schule NRW). Im Forschungsschwerpunkt „Materialunterstützter Vorstellungsaufbau im Mathematikunterricht“ wird mit der Einrichtung und technischen Ausstattung eines

Teaching with Technology) – a worldwide network of teacher education organisations with its focus on media-assisted teaching, KOSIMA (Contexts for Constructive Mathematics Learning) – a project in which schools, higher education and a textbook publisher jointly develop and analyse learning arrangements for the lower secondary level –, and the doctoral training group ProMatNat (Teacher Professionalism in Mathematics and Natural Sciences), which drew to a close in July 2014.

The research group of Prof. Büchter is contributing to the research concentration on “Language competence and learning mathematics” with its project “Examination of the interplay between linguistic and conceptual features in mathematics tasks – Empirical Analysis with Experimental Design” in collaboration with ProDaZ at the UDE (project funding by QUA-LiS NRW, the Quality and Support Agency – Regional Institute for School). As part of the research on “Material-assisted perception building in mathematics education”, a mathematics school laboratory is being set up and equipped by the end of 2014 as a basis for high-quality teaching and learning research in this area. The research group’s involvement in the “Studienverläufe” (student experience) subproject of the BMBF-funded UDE project “Focus on Educational Justice” is also being extended and deepened. Its new qualitative studies on special challenges and means of support for students in the early stages of their studies supplement the existing quantitative analyses. The leader of the research group is also intensifying work on the key topic, “Curriculum research and development”, with particular attention to the transition from school to higher education.

The work of Jun. Prof. Rott’s research group is dedicated to exploring mathematical problem-solving processes (with a focus on heurism and process regulation) and – in cooperation with the PH Freiburg – epistemological beliefs in relation to mathematics.

In “Epistemological Interaction Research on Mathematical Teaching and Learning Processes (EInmaL)” (research group of Prof. Heinz Steinbring), projects deal with the interpretative



„Mathematischen Schülerlabors“ bis Ende des Jahres 2014 die Voraussetzung für qualitativ hochwertige Lehr-Lernforschung in diesem Bereich geschaffen. Das Mitwirken der Arbeitsgruppe im Teilprojekt „Studienverläufe“ im Rahmen des vom BMBF geförderten UDE-Projekts „Bildungsgerechtigkeit im Fokus“ wird durch qualitative Studien zu besonderen Herausforderungen und Unterstützungsmöglichkeiten in der Studieneingangsphase, die die quantitativen Studienverlaufsanalysen ergänzen, verbreitert und inhaltlich vertieft. Darüber hinaus wird der Schwerpunkt „Curriculumforschung und -entwicklung“ vom Arbeitsgruppenleiter vor allem mit Blick auf den Übergang von der Schule zur Hochschule intensiviert.

Die Arbeitsgruppe von Jun.-Prof. Rott widmet sich der Untersuchung mathematischer Problembearbeitungsprozesse (mit einem Fokus auf Heuristiken und Prozessregulation) sowie – in Kooperation mit der PH Freiburg – epistemologischer Überzeugungen zur Mathematik.

In der Arbeitsgruppe „Epistemologische Interaktionsforschung mathematischer Lehr-Lern-Prozesse (EInmaL)“ (AG Prof. Steinbring) werden Projekte zur interpretativen Rekonstruktion mathematischer Wissenskonstruktionen (in der Grundschule) sowie zur Professionalisierung von Lehrkräften durchgeführt. Zur Zeit werden folgende Teilprojekte bearbeitet: „Erprobung und Evaluation fokussierender Lehrstrategien im Mathematikunterricht der Grundschule“, „Elementares stochastisches Sehen in der Grundschule – Epistemologische Grundlegung und empirische Erprobung eines theoretischen Konstrukts“ und „Grundschulkindern erkunden Zahlenmuster – Eine epistemologische Analyse der symbolisch-arithmetischen Strukturierungsfähigkeit“.

In der Arbeitsgruppe von Prof. Hefendehl-Hebeker wurde im Dezember 2012 der Forschungsschwerpunkt „Entwicklung des algebraischen Denkens in den Klassen 5–7“ mit der Dissertation von Dagmar Melzig abgeschlossen. Das von der Deutsche Telekom-Stiftung geförderte Forschungs- und Entwicklungsprojekt für eine gezielte fachliche Betreuung von Lehramtsstudierenden im Grundstudium hat seinen dritten Durchgang

reconstruction of mathematical knowledge constructions (in elementary schools) and the professionalisation of teaching. The following subprojects are presently underway: “Testing and Evaluation of Focussed Teaching Strategies in Elementary Level Mathematics Classes”, “Elementary stochastic Vision in Elementary Schools – Epistemological Foundation and Empirical Testing of a Theoretical Construct”, and “Elementary School Children Interpret Visual Aids: An Epistemological Analysis of Context and Framework Regarding the Promotion of the Visual Structuring Competence”.

In the group of Prof. Lisa Hefendehl-Hebeker, the research concentration on “Development of Algebraic Thinking for Grades 5–7” was brought to its conclusion in December 2012 with Dagmar Melzig’s dissertation. The research and development project funded by Deutsche Telekom Stiftung to mentor aspiring teachers during the basic stages of their degree programme has completed its third round and drew to a close at the end of the summer semester 2013 (running from 1 September 2009 to 31 August 2013 overall).

## Outlook

The numerous activities undertaken by the Faculty of Mathematics and the profile it has established in its central areas of research are a solid foundation on which it can consolidate and build on its already strong position. All our research work is now conducted in a single building. The open professorships in all four of the aforementioned areas have been occupied and contribute to our traditional strengths as well as adding new dimensions. This has made us significantly stronger and also younger as a Faculty. We are now embarking on the process of networking the new research groups and learning from each other. In particular we have approached our neighbouring universities in the Ruhr region and begun coordinating joint projects. These are just some of the many aspects that reflect the dynamics of Mathematics in Essen at the present time.



durchlaufen und wurde mit Abschluss des Sommersemesters 2013 beendet (Laufzeit insgesamt: 01. September 2009 bis 31. August 2013).

### Perspektiven

Durch ihre zahlreichen Aktivitäten und die Profilierung durch Schwerpunktbildung ist die Fakultät für Mathematik gut aufgestellt, um ihre forschungsstarke Ausrichtung weiter zu festigen und auszubauen. Wir forschen jetzt alle in einem Gebäude. In allen vier oben genannten Bereichen sind zudem die vakanten Professuren neu besetzt worden und ergänzen teils unsere traditionellen Stärken, während ein anderer Teil gezielt neue Akzente setzt. Wir haben uns dadurch signifikant verstärkt und auch verjüngt. So beginnen wir jetzt gerade damit, die neu besetzten Arbeitsgruppen miteinander zu vernetzen und voneinander zu lernen. Speziell haben wir auch die Fühler in Richtung der benachbarten Universitäten im Ruhrgebiet ausgestreckt und mit der Koordination gemeinsamer Forschungsvorhaben begonnen. Diese Aspekte und viele andere spiegeln die Dynamik, die die Mathematik zur Zeit am Standort Essen bewegt.

## Kontakt

### Contact

#### Dekanat Mathematik

Universität Duisburg-Essen

Universitätsstraße 2  
45141 Essen

☎ +49 201 183 2503

☎ +49 201 183 3802

@ [dekanat@mathematik.uni-due.de](mailto:dekanat@mathematik.uni-due.de)

🌐 [www.uni-duisburg-essen.de/mathematik](http://www.uni-duisburg-essen.de/mathematik)

#### Besucheranschrift

Dekanat Mathematik  
Universität Duisburg-Essen

Thea-Leymann-Str. 9  
45127 Essen