

© Foto: Andreas Reichert

Ultrahochvakuum-Anlage zur Untersuchung von physikalischen Phänomenen an Oberflächen  
Ultra-high vacuum system for investigating physical phenomena at interfaces

## Fakultät für Physik Faculty of Physics

Das herausragende Ereignis für die Fakultät für Physik im Jahr 2015 und 2016 war der Erfolg beim Antrag zur Einrichtung eines neuen Sonderforschungsbereiches.

Am 25. Mai kam die gute Nachricht: Der Sonderforschungsbereich 1242 „Nichtgleichgewichtsdynamik kondensierter Materie in der Zeitdomäne“ ist von der Deutschen Forschungsgemeinschaft bewilligt worden.

Zwei Jahre Vorbereitungszeit, 400 Antragsseiten, 32 Poster zur Vorstellung der wissenschaftlichen Projekte, viele Probevorträge, 20 Vorträge bei der Begehung, fünf Klausurtagungen, unzählige Besprechungen und ca. 2.000 Liter Kaffee waren nötig, um in den nächsten vier Jahren bis zu zehn Millionen Euro für die Forschung zu erhalten.

**The outstanding event for the Faculty of Physics in 2015 and 2016 was its successful application to establish a new collaborative research centre. The good news was announced on 25 May: the Collaborative Research Centre 1242 ‘Non-equilibrium Dynamics of Condensed Matter in the Time Domain’ had been approved by the German Research Foundation.**

**Two years of preparation time, 400 application forms, 32 posters for presenting the scientific projects, many rehearsal presentations, 20 presentations during inspections, five closed meetings, countless discussions and approximately 2,000 litres of coffee were needed to gain up to ten million euros for research over the next four years.**

Die Einrichtung des Sonderforschungsbereichs durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft ist eine Anerkennung für wissenschaftliche Exzellenz – ich gratuliere den Beteiligten und wünsche ihnen viel Erfolg.

Dieser Forschungsbericht dokumentiert aber nicht nur Forschungsprojekte aus diesem Schwerpunkt, sondern zeigt an einigen Beispielen, wie vielfältig Forschung in der Physik sein kann. Mitglieder aus der Forschungsgruppe von Prof. Gerhard Wurm lassen ihre Experimente im Fallturm in Bremen in die Tiefe sausen – was sie in der kurzen Phase der Schwerelosigkeit untersuchen, können Sie im folgenden Kapitel lesen.

Prof. Heiko Wende stellt vor, was in Zukunft Kühlschränke mit Magnetismus zu tun haben könnten. Prof. Michael Farle optimiert die Zusammensetzung von Permanentmagneten – von energiesparenden Elektromotoren könnten wir alle profitieren. Energiesparende Elektronik könnte vielleicht mal das Resultat der theoretischen Grundlagenforschung von Prof. Rossitza Pentcheva sein. Auch Prof. Peter Kratzer untersucht mit den Methoden der theoretischen Physik, die Umwandlung von Wärme in elektrische Energie.

Dass auf atomarer Ebene einige uns aus dem Alltagsleben vertraute Gesetze nicht mehr gültig sind, hat sich inzwischen herumgesprochen – was genau beim Übergang zur normalen Welt passiert untersucht Prof. Klaus Hornberger.

In eine ganz andere Richtung sind Prof. Heike Theyßen und Prof. Hendrik Härtig unterwegs – sie forschen, wie es mit den experimentellen Fähigkeiten von Schüler\*innen bestellt ist.

### Energieumwandlung – Thermoelektrik

Die direkte Umwandlung von Wärme in elektrische Energie ist ein Thema, das in den letzten Jahren aufgrund des Interesses an effizienter Energienutzung eine Wiederbelebung erfahren hat. Deshalb sucht man nach neuartigen Halbleitern, die einerseits eine niedrige Wärmeleitfähigkeit zeigen, andererseits eine hohe thermoelektrische Spannung liefern können. Berechnungen der elektronischen Struktur mittels Dichtefunktionaltheorie ermöglichen das gezielte Design solcher Materialien am Computer. In der Forschungsgruppe Kratzer wurde ein bereits bekannter Halbleiter (NiZrSn) und ein

The establishment of the Collaborative Research Centre by the German Research Foundation is a marker of scientific excellence – I would like to congratulate all those involved and wish them every success.

This research report documents research projects from this area, but also showcases a few examples of just how diverse research in physics can be. Members of Prof. Gerhard Wurm’s research group experimented in the depths of the Bremen Drop Tower – you can read about what they researched during the short period of weightlessness in the next section.

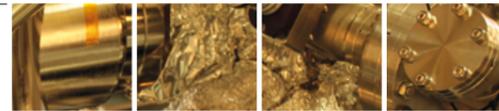
Prof. Heiko Wende introduces what magnetism could mean for refrigerators in the future. Prof. Michael Farle optimises the composition of permanent magnets – we could all benefit from energy-saving electric motors. Energy-saving electronics may possibly be the result of the theoretical basic research of Prof. Rossitza Pentcheva. Prof. Peter Kratzer also researches theoretical physics with methods that convert heat into electrical energy.

By now word has got around that a few laws familiar to us in everyday life lose their validity on the atomic level – what happens exactly during the transition to the normal world is being researched by Prof. Klaus Hornberger.

Prof. Heike Theyßen and Prof. Hendrik Härtig are pursuing a completely different track – they are researching how the experimental ability of school pupils is fostered.

### Energy Conversion – Thermoelectrics

The direct conversion of heat into electrical energy is a topic that has experienced a revival in recent years due to the interest in efficient energy usage. Therefore, the search is on for unique semiconductors that deliver low thermal conductivity on the one hand, and are able to deliver high thermoelectric voltage on the other. Calculations on the electronic structure using density functional theory enable the targeted design of these types of materials on computers. In the Kratzer research group, a well-known semiconductor (NiZrSn) and a recently suggested material (CoZrBi) were tested for suitability using computer calculations. It could be proven that faults in the crystal structure, which



neu vorgeschlagenes Material (CoZrBi) mittels Computerberechnungen auf seine Eignung hin untersucht. Dabei konnte gezeigt werden, dass Fehler in der Kristallstruktur, die unvermeidlich bei der Herstellung der Materialien auftreten, zu einer Verminderung der thermoelektrischen Spannung führen. Bei dem neuen Material ZrCoBi ist die Entstehung derartiger Kristallfehler jedoch aus energetischen Gründen weniger wahrscheinlich.

### Eine Super-Zeitlupe für Plasmonen

Seit 2002 ist an der Universität Duisburg-Essen ein Elektronenmikroskop in Betrieb, das durch Verwendung niederenergetischer Elektronen oberflächensensitiv ist. Dieses Mikroskop wurde mit einem femtosekunden Lasersystem kombiniert, um im Anrege-Abfrage Experiment zeitaufgelöste Experimente zur Elektronendynamik nach optischer Anregung von Elektronen in Festkörpern durchzuführen. Im DFG-Schwerpunktprogramm SPP1391 „Ultrafast Nanooptics“ wurde dieser experimentelle Aufbau zwischen 2009 und 2016 genutzt, um die Propagation von Elektronendichtewellen an Oberflächen, sogenannte Oberflächen-Plasmon-Polaritonen, in Raum und Zeit zu beobachten. Eine gemeinsame Publikation von Autoren der UDE und der Universität Kaiserslautern in der Zeitschrift „Plasmonics“ brachte einen Durchbruch in der Abbildung von Plasmonenwellen an Oberflächen: Durch Veränderung der Einfallsgometrie der Laserpulse auf die Oberfläche konnte der im Mikroskop erzeugte Plasmonenkontrast optimiert werden, wodurch erstmals die gleichzeitige Abbildung von Plasmonen, die in unterschiedlicher Richtung auf der Oberfläche propagieren, möglich wurde. Im Berichtszeitraum wurde diese Methodik auf eine Vielzahl nanooptischer Probleme mit Plasmonen angewendet.

### 2D-Materialien

In der Arbeitsgruppe von Prof. Marika Schleberger stehen die sogenannten „2D-Materialien“ hoch im Kurs. Diese ultradünnen Lagen stellen ein attraktives Forschungsfeld dar, weil viele 2D-Materialien völlig andere Materialeigenschaften aufweisen als in der regulären, „dicken“ Version.

are inevitable when manufacturing the materials, lead to a reduction in thermoelectric voltage. However, with the new material ZrCoBi, the creation of similar crystal faults is less likely due to energetic reasons.

### Super Slow Motion for Plasmons

Since 2002, an electron microscope that is surface sensitive when applying low-energy electrons has been in operation at the University of Duisburg-Essen. This microscope has been combined with a femtosecond laser system to carry out time-resolved experiments on electron dynamics following the optical excitation of electrons in solid states in a pump-probe experiment. In the DFG priority programme SPP1319 ‘Ultrafast Nanooptics’, this experimental setup was used between 2009 and 2016 to observe the propagation of the density of electron waves on surfaces, known as surface plasmon polaritons, in time and space. A joint publication by authors from the UDE and the University of Kaiserslautern in the ‘Plasmonics’ journal produced a breakthrough in the depiction of plasmon waves on surfaces: by changing the incidence geometry of laser pulses on the surface, the plasmon contrast created in the microscope could be optimised, whereby the simultaneous depiction of plasmons, which propagate in different directions on the surface, was possible for the first time. In the reporting period, this methodology was used on a number of nanooptic problems with plasmons.

### 2D Materials

In Prof. Marika Schleberger’s research group, ‘2D materials’ were a high priority. These ultrathin layers present an attractive field of research because many 2D materials display completely different material properties than the regular ‘thick’ version. This includes optical and electronic, but also mechanical, properties. A key point of the research activities of Schleberger’s research group still involves working on graphene, the best-known 2D material, which is made up of a single layer of carbon atoms. Recently a range of work, including part of the DFG project NUTEGRAM (a cooperation between several international groups) showed that with the help

Dazu gehören z.B. optische und elektronische, aber auch mechanische Eigenschaften. Einen Schwerpunkt der Forschungsaktivitäten der AG Schleberger bilden dabei immer noch die Arbeiten an Graphen, dem bekanntesten 2D-Material, das nur aus einer einzigen Lage Kohlenstoffatome besteht. Hier konnte zuletzt in einer Reihe von Arbeiten, u.a. im Rahmen des DFG-Projektes NUTEGRAM (eine Kooperation mehrerer internationaler Gruppen) gezeigt werden, dass man mit Hilfe eines speziellen Ionenstrahls bei richtiger Wahl der Parameter sehr gezielt Nanoporen gut definierter Größe in freistehenden Graphenlagen erzeugen kann. Solche porösen Graphenlagen wurden als ideale „Nano-Filter“ für kleinste Teilchen, z.B. Viren vorgeschlagen, denn sie weisen die richtige Lochgröße auf (hohe Selektivität), würden aber zugleich wegen der extrem geringen Dicke keine Reibungsverluste aufweisen (hohe Permeabilität).

Um einen Nano-Filter zu bauen, kann man allerdings nicht einfach auf freistehendes Graphen zurückgreifen, denn dafür ist es trotz seiner vielzitierten Wundereigenschaften zu schwach, d.h. der Filter würde unter der mechanischen Belastung einfach reißen. Aber auch dieses Problem wurde gelöst: Es ist uns gelungen, spezielle Graphen-Kunststoff-Folien herzustellen und dann zu zeigen, dass der Ionenstrahl beim Durchgang durch diese Hybrid-Folien auch solche Nanoporen hinterlässt, jedoch nicht nur im Graphen, sondern (in leicht anderer Form) auch in der darunter liegenden Kunststoff-Folie. Das tolle daran ist: Die Poren im Kunststoff lassen sich nach der Bestrahlung durch einen chemischen Ätzschritt beliebig vergrößern, ohne dass die Graphen-Poren davon betroffen sind! Das Graphen kann also nach dem Ätzen weiterhin als Nano-Filter fungieren, wird jetzt aber getragen von einer grob-porigen, stabilen Kunststoff-Trägerfolie, die den Zufluss des zu trennenden Gemischs kaum behindert. Ob und wie diese Nano-Filter tatsächlich ihre Aufgabe erfüllen, soll jetzt als nächstes eingehend untersucht werden.

### Übergangsmetalloxide

Ordnet man statt Kohlenstoffatome Übergangsmetall-Ionen wie Mangan oder Nickel in ein Honigwabengitter in einer



Dekan/Dean: Prof. Dr. Michael Schreckenberg

of a special ion ray for the correct selection of parameters, highly targeted nanopores can be created in well-defined sizes in free-standing graphene layers. These types of porous graphene layers have been suggested as the ideal ‘nanofilter’ for the smallest parts, e.g. viruses, because they have the correct hole size (high selectivity), but at the same time, would not lose friction due to the extremely low thickness (high permeability).

To build a nanofilter, you cannot simply refer back to free-standing graphene as it is too weak, despite its many quoted extraordinary properties, which means the filter would easily break under mechanical load. But even this problem has been solved: we have succeeded in manufacturing special graphene plastic films and then showing that the ion ray when passing through these hybrid slides leaves these types of nanopores not only in graphene, but also (in slightly different form) in the underlying plastic films. The great thing about it is that the pores in the plastic can be enlarged as



## Professor\*innen | Professors

Prof. Dr. Uwe Bovensiepen	Jun.-Prof. Dr. Martina Müller *
Prof. Dr. Volker Buck	Prof. Dr. Hermann Nienhaus
Prof. Dr. Hans Werner Diehl	Prof. Dr. Rossitza Pentcheva
Prof. Dr. Peter Entel	Prof. Dr. Marika Schleberger
Prof. Dr. Michael Farle	Prof. Dr. Claus M. Schneider *
Prof. Dr. Hans E. Fischer	Prof. Dr. Michael Schreckenberger
Prof. Dr. Thomas Guhr	Prof. Dr. Ralf Schützhold
Prof. Dr. Hendrik Härtig	Prof. Dr. Björn Sothmann
Prof. Dr. Klaus Hornberger	Prof. Dr. Heike Theyßen
Prof. Dr. Michael Horn-von Hoegen	Prof. Dr. Stefan Thomae
Prof. Dr. Boris Kerner	Prof. Dr. Heiko Wende
Prof. Dr. Jürgen König	Prof. Dr. Dietrich Wolf
Prof. Dr. Peter Kratzer	Prof. Dr. Andreas Wucher
Prof. Dr. Axel Lorke	Prof. Dr. Gerhard Wurm
Prof. Dr. Frank Meyer zu Heringdorf	
Prof. Dr. Rolf Möller	* FZ-Jülich

Oxidheterostruktur entlang der ungewöhnlichen (111) kristallographischen Richtung an, so ergeben sich neuartige Materialeigenschaften, die noch vielversprechender sein können als das derzeit hochgehandelte Graphen. Dies belegen Ergebnisse quantenmechanischer Simulationen aus der Arbeitsgruppe von Prof. Rossitza Pentcheva in einem DFG-geförderten Projekt im SFB/TR80. Übergangsmetalloxide bieten aufgrund ihrer stark wechselwirkenden Elektronen ganz neue Chancen, da sie verschiedene magnetische und elektronische Zustände einnehmen können. So belegen die quantenmechanischen Simulationen, dass das Nickelat ein Antiferromagnet mit einer neuartigen Orbitalordnung ist, die nicht im Volumen vorkommt. Noch spannender ist Lanthanmanganat, der unter bestimmten Bedingungen ein Kandidat für einen sogenannten Chern-Isolator ist. Letztere sind eine besondere Art von topologischen Phasen, die ferromagnetisch, und somit nicht auf externe Magnetfelder angewiesen sind, interessant für künftige Anwendungen wie dem Quantencomputer oder low power Elektronik.

desired after radiation by a chemical etching treatment without the graphene pores being affected! The graphene can also act as a nanofilter after etching, but is currently sustained by a rough, porous, stable plastic carrier film that hardly affects the flow of the mixture to be separated. Whether and how these nanofilters actually meet their requirements is to be part of the next investigation.

### Transition Metal Oxide

If you arrange transition metal ions, such as manganese or nickel, instead of carbon atoms in a honeycomb lattice in an oxide heterostructure along unusual (111) crystallographic lines, it creates unique material properties that may be more diverse than the currently widely-used graphene. These are the proven results of quantum mechanical simulations from Prof. Rossitza Pentcheva's research group in a DFG-funded project in SFB/TR80. Thanks to their highly interactive electrons, transition metal oxides offer brand new opportunities as they can assume different magnetic and electronic states. The quantum mechanical simulations proved that nickelate is an antiferromagnet with unique orbital alignment that does not occur in volumes. Even more exciting is lanthanum manganite, which is a candidate for a so-called Chern insulator under certain conditions. The latter are special types of topological phases that are ferromagnetic and, as a result, do not rely on external magnetic fields and are interesting for future applications such as the quantum computer or low power electronics.

### Magnetic Cooling:

You can kill two birds with one stone if you use magnetic solid states to cool instead of the usual gases for condensing and re-expansion. Solid-state cooling avoids using gases that are harmful to the climate on the one hand, and on the other, has the magnetocaloric effect which is used for significantly higher effectiveness – it also assists with energy saving.

The idea behind this is to create spin moments in the solid state with a magnetic field. This heats up the solid states and this heat is emitted outwards in a conventional refrigerator. If you switch off the magnetic field, the spin moment randomly

### Magnetische Kühlung:

Zwei Fliegen mit einer Klappe kann man erwischen, wenn man mit magnetischen Festkörpern kühlt, statt wie üblich Gase zu komprimieren und wieder expandieren zu lassen. Bei der Festkörperkühlung vermeidet man einerseits klimaschädliche Gase, andererseits hat der magnetokalorische Effekt, der dabei genutzt wird, eine wesentlich höhere Effektivität – hilft also beim Energiesparen.

Die Idee dabei ist es, Spinmomente im Festkörper durch ein magnetisches Feld auszurichten. Dabei erwärmt sich der Festkörper – diese Wärme wird beim konventionellen Kühlschrank nach außen abgegeben. Schaltet man das Magnetfeld ab, richten sich die Spinmomente wieder zufällig aus, wobei sich der Festkörper abkühlt. Das ist analog zur Abkühlung des expandierenden Gases beim üblichen Kühlen.

Ein vielversprechendes Materialsystem für die Anwendung ist  $\text{La}(\text{FeSi})_{13}$ , das solch einen magnetokalorischen Effekt in signifikanter Größe besitzt. Dieser beruht – wie nun gezeigt – auf einem komplexen Zusammenspiel zwischen Magnetismus, Gitterstruktur und elektronischer Struktur. Dazu haben Mitglieder der Arbeitsgruppe von Prof. Wende zusammen mit Dr. Markus Gruner und anderen Wissenschaftlern Experimente und numerische Berechnungen durchgeführt, die direkte Hinweise auf eine enge Kopplung und den zugrunde liegenden mikroskopischen Mechanismus liefern. Die Ergebnisse wurden in der angesehenen Fachzeitschrift *Physical Review Letters* veröffentlicht. Für das Projekt haben die Forscher\*innen der UDE innerhalb des Schwerpunktprogrammes 1599 „Ferroic Cooling“ der Deutschen Forschungsgemeinschaft mit Kolleg\*innen der TU Darmstadt zusammengearbeitet.

### Experimentelle Astrophysik

Die Forschung in der experimentellen Astrophysik gilt generell Problemen der Planetenentstehung, folgt aber auch Fragestellungen bezüglich existierender Planeten wie Merkur oder Mars. Im Fokus stehen dabei die Wechselwirkungen von Staubpartikeln untereinander, mit dem umgebenden Gas und mit Strahlung. Zum ersten Mal überhaupt wurden dedizierte Kollisionsexperimente mit  $\text{CO}_2$ -Eispartikeln durchgeführt.

directs itself out once again, whereby the solid state cools. This is analogous to cooling the expanding gases in standard cooling processes.

A diverse material system for the application is  $\text{La}(\text{FeSi})_{13}$ , which has significant amounts of this type of magnetocaloric effect. This is based, as shown, on a complex interplay between magnetism, grid structure and electronic structure. In addition, members of the Wende research group, together with Dr. Markus Gruner and other scientists, have performed experiments and numerical calculations that deliver direct evidence of a strong link and the underlying microscopic mechanism. The results have been published in the prestigious *Physical Review Letters* journal. The UDE researchers within the project 1599 'Ferroic Cooling' of the German Research Association worked together with colleagues from TU Darmstadt on the project.

### Experimental Astrophysics

Research in experimental astrophysics is centred on problems of planet formation, but also considers full-size planets like Mercury and Mars. The focus is on the interaction of dust particles among themselves, with surrounding gas and with radiation. For the first time, dedicated collision experiments on  $\text{CO}_2$  ice particles were carried out. Further work was centred on photophoretic effects, where particles in thin gas can be moved by irradiation. Besides a fundamental description, which for the first time attained the necessary precision required to describe further applications in the context of particle transport in protoplanetary disks, it could be shown that thermal radiation through temperature fluctuations in the disks can play an important role. One of the most interesting findings from microgravity experiments conducted at the Bremen Drop Tower concerns evidence of thermal creep gas flow through a dust bed. This implies that Martian soil acts as a planet-wide gas pump, which is relevant for the soil-atmosphere interface.

### Transition Region between the Quantum Regime and Classical Physics

Quantum physics is known to work perfectly for microscopic particles such as atoms



Zahlreiche weitere Arbeiten galten photophoretischen Effekten. Durch Licht können Partikel im dünnen Gas sehr effektiv bewegt werden. Neben einer sehr grundlegenden theoretischen Beschreibung, die erstmals die notwendige Genauigkeit erreicht, um verschiedene Anwendungen im Rahmen des Partikeltransports in protoplanetaren Scheiben zu beschreiben, konnte auch gezeigt werden, dass thermische Strahlung durch Temperaturfluktuationen in den Scheiben eine große Rolle spielen kann. Einer der sicher interessantesten Funde aus Mikrogravitationsexperimenten im Fallturm Bremen war der Nachweis eines Gasflusses aufgrund thermischen Kriechens durch ein Staubbett, der impliziert, dass der Marsboden eine gigantische planetenweite Gaspumpe darstellt, was für die Schnittstelle zwischen Boden und Atmosphäre von Bedeutung ist.

### Übergangsbereich zwischen dem Quantenregime und der klassischen Physik

Wendet man die Quantenphysik, die den Mikrokosmos perfekt beschreibt, nicht auf Atome und Lichtteilchen an, sondern auf greifbare Objekte, so führt sie zu Vorhersagen, die unsere „klassischen“ Alltagserfahrungen auf den Kopf stellen. Ein und derselbe Gegenstand sollte sich dann gleichzeitig an mehreren Orten befinden können, und in seinem Verhalten auch dadurch bestimmt werden, ob man ihn beobachtet oder nicht. Die Arbeitsgruppe von Prof. Klaus Hornberger erforscht Systeme, die im Übergangsbereich zwischen dem Quantenregime und der klassischen Physik liegen. Speziell untersucht sie im Rahmen der Theorie offener Quantensysteme, inwieweit sich die Entstehung klassischer physikalischer Eigenschaften und Gesetzmäßigkeiten verstehen lässt, wenn man die Quantentheorie als universell gültig annimmt. Solche Fragen lassen sich konkret studieren, indem man die Dynamik immer größerer Moleküle bis hin zu mikromechanischen Nanoteilchen in der Wechselwirkung mit ihrer natürlichen Umgebung betrachtet. Die zunehmende Komplexität solcher Objekte macht eine vollständig mikroskopische Beschreibung praktisch unmöglich, und erzwingt es, die allgemeinen Prinzipien und Mechanismen

and photons; however, its predictions turn our “classical” everyday experience upside down if one applies them to truly tangible objects. For instance, one and the same object is allowed to exist simultaneously at different places, and its dynamic behaviour is determined by whether or not it is being observed. A main goal of Prof. Klaus Hornberger’s group is to investigate systems that belong to the transition region between the quantum regime and classical physics. Based on the theory of open quantum systems, the group is studying to what extent one can understand the emergence of classical physical properties and classical laws if one views quantum theory as universally valid. These questions can be studied if one deals with the dynamics of ever larger molecules and micromechanical nanoparticles as they interact with their natural environment. The increasing complexity of such objects makes it impossible to use a completely microscopic description, and makes it necessary to identify the general principles and mechanisms behind the quantum-to-classical transition. Alongside this, the group is developing experimentally realisable proposals to probe the boundary region between quantum behaviour and classical physics, and to verify quantum phenomena at levels that have not been possible up to now. Examples include the diffraction of metal clusters at gratings of light or the ground-state cooling of optically levitated nanorods.

### Nanoscale magnetic Systems

Prof. Michael Farle’s research group focuses on nanoscale magnetic systems. Both static as well as dynamic (10 picoseconds or up to 24 GHz) experiments have been carried out. As part of an EU-funded project, for example, new concepts for rare-earth-free permanent magnets have been developed with the aim of increasing their magnetic energy production, thus paving the way for new energy-saving applications (electric motors, generators). As a result, cobalt/nickel nanorods were able to be chemically synthesised and CoFe nanowires electrochemically synthesised; both displayed significantly increased magnetic strengths after well-considered further handling. In a further study, Heusler alloys were produced in which 2 nm size precipitations were embedded

zu identifizieren, die den quanten-klassischen Übergang bestimmen. Parallel dazu werden experimentell realisierbare Vorschläge ausgearbeitet, die den Grenzbereich zwischen quantenmechanischem Verhalten und der klassischen Physik ausloten und den Nachweis von Quantenphänomenen auf bisher unerforschten Skalen ermöglichen. Beispiele reichen von Beugung von Metallclustern an Lichtgittern zur Grundzustands-Kühlung optisch levitierter Nanostäbchen.

### Nanoskalige magnetischen Systemen

Die Arbeitsgruppe von Prof. Michael Farle beschäftigt sich mit nanoskaligen magnetischen Systemen. Hierbei werden sowohl statische als auch dynamische (10 Pikosekunden bzw. bis zu 24 GHz) Untersuchungen durchgeführt. So wurden beispielsweise im Rahmen eines EU-geförderten Projekts neue Konzepte für Seltene Erd-freie Permanentmagnete mit dem Ziel entwickelt, deren magnetisches Energieprodukt zu steigern und damit den Weg zu neuen energiesparenden Anwendungen (Elektromotoren, -generatoren) zu ebnen. So konnten Kobalt/Nickel Nanostäbchen chemisch und CoFe Nanodrähte elektrochemisch synthetisiert werden, die nach geschickter weiterer Behandlung deutlich erhöhte magnetische Härten zeigten. In weiteren Studien wurden Heusler Legierungen erzeugt, in denen 2 nm große Ausscheidungen mit ferromagnetischer Schale und paramagnetischem Kern eingebettet in einer antiferromagnetischen Matrix eine Koerzitivfeldstärke von über 5 T zeigen. Diese starke Fixierung (pinning) und deren geometrische Vorzugsrichtung kann eingestellt werden und ist thermisch und magnetisch nicht flüchtig. Als drittes Materialsystem wurden sogenannte MAX Phasen, nano-laminierte magnetische Werkstoffe untersucht, die eine neue magnetische Werkstoffklasse darstellen, die erstmalig in 2014 entdeckt worden sind. Neben diesen materialwissenschaftlichen Arbeiten wurden auch Untersuchungen zur Anwendung von magnetischen Hybrid- und Nanoteilchen in biomedizinischen Anwendungen wie Hyperthermie durchgeführt. Hierbei wurden in internationalen Kooperationen (DAAD-gefördert) Nanopartikel mit rekordverdächtigen Parametern für medizinischen Anwendungen entwickelt.

with ferromagnetic scales and a paramagnetic core in an antiferric matrix, showed a coercive field strength of over 5 T. This strong pinning and its geometrical preferred direction can be set and is non-volatile in terms of both heat and magnetism. The MAX phases, nano-laminated magnetic materials, have been researched as a third material system that represents a new magnetic substance class that was discovered for the first time in 2014. In addition to this material-scientific work, investigations into using magnetic hybrid and nanoparticles in biomedical applications, such as hyperthermia, have been carried out. As part of this, nanoparticles with record-breaking parameters have been developed for medical applications in international collaborations (funded by the DAAD). The manufactured iron oxide and ferric nanoparticles were manufactured with respect to biocompatibility in their diameter and composition, which means that as much heat as possible can be created by the magnetic alternating fields. In a forward-looking project, it could be shown that magnetic resonance absorption in the interfaces of magnetic contrast methods could be used as a spin current detector as well as a ‘contactless temperature sensor’ for heating nanoparticles in vitro.

### Carbon Compounds

The work in the field of synthesising nanocrystalline, boron-doped diamond layers as a model system for thermoelectric applications has been continued. This has involved the construction of an apparatus to determine the thermal conductivity of thin layers and layer systems. The measuring principle is based on the 3-Omega method and is applicable over a wide temperature range of up to 850 degrees Celsius. In addition to thermal conductivity, which can be determined both in parallel and perpendicular to the layer plane, information about the density and heat capacity of the layer can also be obtained by spectroscopic interference measurement of thermal waves.

Graphene: The work on the synthesis of graphene by the means of CVD microwave plasma was continued; as an excellent proton conductor and ultra-thin barrier material to other ions and molecules with excellent mechanical stability,



Die hergestellten Eisenoxid und Ferrit Nanopartikel wurden unter Berücksichtigung ihrer Biokompatibilität in Durchmesser und Zusammensetzung so hergestellt, dass möglichst viel Wärme durch magnetische Wechselfelder erzeugt werden kann. In einem zukunftsweisenden Projekt konnte gezeigt werden, dass magnetische Resonanzabsorption an der Grenzfläche von magnetischen Kontrastmitteln sowohl als sogenannter „Spin current detector“ als auch „kontaktfreier Temperatursensor“ für die Erwärmung von Nanopartikeln in vitro genutzt werden könnte.

### Kohlenstoffverbindungen

Die in der Arbeitsgruppe von Prof. Buck laufenden Arbeiten im Bereich der Synthese nanokristalliner bordotierter Diamantschichten als Modellsystem für thermoelektrische Anwendungen wurden weitergeführt. So wurde eine Apparatur zur Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit dünner Schichten und Schichtsysteme aufgebaut. Das Messprinzip basiert auf der 3-Omega-Methode und ist über einen weiten Temperaturbereich von bis zu 850 Grad Celsius anwendbar. Neben der Wärmeleitfähigkeit, welche sowohl parallel als auch senkrecht zur Schichtebene bestimmt werden kann, können hierbei auch Informationen über die Dichte und Wärmekapazität der Schicht mittels spektroskopischer Interferenz-Messung thermischer Wellen gewonnen werden.

Graphen: Die Arbeiten zur Synthese von Graphen mittels Mikrowellen-Plasma CVD wurden weitergeführt; das Nanomaterial Graphen qualifiziert sich z.B. als exzellenter Protonenleiter und ultradünnes Barrierematerial gegenüber anderen Ionen und Molekülen mit einer herausragenden mechanischen Stabilität zu einer idealen Membrankomponente. Dazu wurden bereits erste Arbeiten unter Verwendung der PECVD-Methode für die Synthese von hochqualitativem Graphen unternommen. Graphenschichten wurden auf Metallsubstraten abgeschieden, wobei eine exzellente Kontrolle über die strukturellen Eigenschaften des Graphens im Material ausgeübt werden konnte. Die monolagigen polykristallinen Graphenschichten wurden anschließend auf SiO<sub>2</sub> und auf Nafion für elektrochemische

for example, the nanomaterial graphene qualifies as an ideal membrane component. To this end, the initial groundwork has already been carried out using the PECVD method for the synthesis of high-quality graphene. Graphene layers were deposited on metal substrates, allowing excellent control to be exerted over the structural properties of the graphene in the material. The monolayer polycrystalline graphene layers were then transferred to SiO<sub>2</sub> and Nafion for electrochemical investigations.

Carbon Nano Walls (CNWs): Argon was used as carrier gas for the precursor Al(acac)<sub>3</sub> carbon nanowall layers on aluminium, stainless-steel, nickel and silicon substrates. By varying substrate temperature and BIAS voltage, layers of different morphologies could be deposited. A potential growth mechanism was discussed on the basis of the knowledge acquired.

Spin (NV) centres in high-purity diamond: A further research focus of the AG is the cooperation project for the ‘Production and investigation of near-surface spin centres in high-purity diamond,’ which is funded by MERCUR within the framework of the UAR. The spin centre investigated in this project is the nitrogen impurity, whose spin with coherence times of up to 1.8 ms at room temperature represents a promising, technically usable quantum system. The investigation also addresses the influence of the distance to the surface on the properties – in particular the coherence time. The advantages over other technical quantum systems in use can be found in the comparatively simple preparation and manipulation. Monocrystalline diamonds with significantly better purity than commercially available electronic grades (N <5 ppb) have already been produced.

Surface modification of bipolar plates containing carbon: Bipolar plates of carbon and polypropylene, for use in fuel cell technology, have markedly improved properties with regard to contact resistance when it comes to plasma treatment. In addition to the plasma etching of the polypropylene, the change in the graphite is mainly due to the removal of nanocrystalline structures, which improves conductivity due to the reduced number of grain boundaries. The best results were achieved here with oxygen-containing gases.

### Ausgewählte Publikationen | Selected Publications

**Bauer, S., C.A. Bobisch (2016):**

*Nanoscale electron transport at the surface of a topological insulator.*  
*Nature Communications* 7, 11381.

**Cotter, J. P., S. Eibenberger, L. Mairhofer, X. Cheng, P. Asenbaum, M. Arndt, K. Walter, S. Nimmrichter, K. Hornberger (2015):**

*Coherence in the presence of absorption and heating in a molecule interferometer.*  
*Nature Communications* 6, 7336.

**Frigge, T., B. Hafke, T. Witte, B. Krenzer, C. Streubühr, A. Samad Syed, V. Mikšić Trontl, I. Avigo, P. Zhou, M. Ligges, D. von der Linde, U. Bovensiepen, M. Horn-von Hoegen, S. Wippermann, A. Lücke, S. Sanna, U. Gerstmann, W. G. Schmidt (2017):**

*Optically excited structural transition in atomic wires on surfaces at the quantum limit.*  
*Nature* 544, 207.

**Kurzmann, A, B. Merkel, P.A. Labud, A. Ludwig, A.D. Wieck, A. Lorke, M. Geller (2016):**

*Optical Blocking of Electron Tunneling into a Single Self-Assembled Quantum Dot.*  
*Physical Review Letters* 117, 017401.

**Landers, J., S. Salamon, H. Remmer, F. Ludwig and H. Wende (2016):**

*Simultaneous study of Brownian and Néel relaxation phenomena in ferrofluids by Mössbauer spectroscopy.*  
*Nano Lett.* 16, 1150.

**Myrovali, E., N. Maniotis, A. Makridis, A. Terzopoulou, V. Ntomprougkidis, K. Simeonidis, D. Sakellari, O. Kalogirou, T. Samaras, R. Salikhov, M. Spasova, M. Farle, U. Wiedwald, M. Angelakeris (2016):**

*Arrangement at the nanoscale: Effect on magnetic particle hyperthermia.*  
*Scientific Reports* 6, 37934 .

**Ochedowski, O., O. Lehtinen, U. Kaiser, A. Turchanin, B. Ban-d’Etat, H. Lebius, M. Karlusic, M. Jaksic, M. Schleberger (2015):**

*Nanostructuring graphene by dense electronic excitation.*  
*Nanotechnology* 26, 465302.

**Rameau, J. D., S. Freutel, A.F. Kemper, M.A. Sentef, J.K. Freericks, I. Avigo, M. Ligges, L. Rettig, Y. Yoshida, H. Eisaki, J. Schneeloch, R.D. Zhong, Z.J. Xu, G.D. Gu, P.D. Johnson, U. Bovensiepen (2016):**

*Energy dissipation from a correlated system driven out of equilibrium.*  
*Nature Communications* 7, 13761.

**Rettig, L.; R. Cortes, J.-H. Chu, I.R. Fisher, F. Schmitt, R.G. Moore, Z.-X. Shen, P.S. Kirchmann, M. Wolf, U. Bovensiepen (2016):**

*Persistent order due to transiently enhanced nesting in an electronically excited charge density wave.*  
*Nature Communications* 7, 10459.

**Spektor, G., D. Kilbane, A.K. Mahro, B. Frank, S. Ristok, L. Gal, P. Kahl, D. Podbiel, S. Mathias, H. Giessen, F.-J. Meyer zu Heringdorf, M. Orenstein, M. Aeschlimann (2017):**

*Revealing the subfemtosecond dynamics of orbital angular momentum in nanoplasmonic vortices.*  
*Science* 355, 1187.

**Schwichow, M., S. Croker, C. Zimmerman, H. Härtig (2016):**

*What Students Learn from Hands-on Activities.*  
*Journal of Research in Science Teaching* 53, 980.

**Theyßen, H., H. Schecker, K. Neumann, M. Dickmann, B. Eickhorst (2016):**

*Messung experimenteller Kompetenz – ein computergestützter Experimentiertest.*  
*Physik und Didaktik in Schule und Hochschule* 15, 26.



Untersuchungen transferiert.

Carbon Nano Walls (CNWs): Es konnten mittels Argon als Trägergas für den Precursor  $\text{Al}(\text{acac})_3$  carbon nanowall-Schichten auf Aluminium-, Edelstahl-, Nickel- und Siliciumsubstraten erzeugt werden. Durch Variation von Substrattemperatur und BIAS-Spannung konnten Schichten unterschiedlicher Morphologien abgeschieden werden. Anhand der erlangten Erkenntnisse wurde ein möglicher Wachstumsmechanismus diskutiert.

Spin-Zentren (NV-Zentren) in hochreinem Diamant: Einen weiteren Forschungsschwerpunkt der AG bildet das durch MERCUR im Rahmen der UAR geförderte Kooperationsprojekt zur „Erzeugung und Untersuchung oberflächennaher Spin-Zentren in hochreinem Diamant“. Das in diesem Projekt untersuchte Spin-Zentrum ist die Stickstoff-Fehlstelle, deren Spin mit Kohärenzzeiten von bis zu 1,8 ms bei Raumtemperatur ein vielversprechendes technisch nutzbares Quantensystem darstellt. Untersucht wird der Einfluss des Abstands zur Oberfläche auf die Eigenschaften insbesondere die Kohärenzzeit. Die Vorteile gegenüber anderen technisch genutzten Quantensystemen liegen in der vergleichsweise einfachen Präparation und Manipulation. Diamanteinkristalle mit signifikant besserer Reinheit als kommerziell erhältliche electronic grade ( $N < 5$  ppb) konnten bereits erzeugt werden.

Oberflächenmodifikation kohlenstoffhaltiger Bipolarplatten: Bipolar-Platten aus Kohlenstoff und Polypropylen, zur Anwendung in der Brennstoffzellentechnologie, weisen durch Plasmabehandlung deutlich verbesserte Eigenschaften bezüglich des Kontaktwiderstandes auf. Verantwortlich dafür sind neben dem Plasmaätzen des Polypropylens vor allem die Änderung des Graphits durch Entfernen nanokristalliner Strukturen, wodurch die Leitfähigkeit auf Grund der verminderten Anzahl von Korngrenzen verbessert wird. Die besten Ergebnisse konnten hierbei mit sauerstoffhaltigen Gasen erreicht werden.

## Didaktik

Die Forschung in der Didaktik der Physik beschreibt und erklärt unter anderem für das Fach spezifische Lehr- und Lernprozesse in allen Schulformen und an der Universität. Sie untersucht und

## Didactics

Research into the didactics of physics includes descriptions and explanations of specific teaching and learning processes in all types of schools and at university level. It examines and optimises teaching processes, and develops not only instruments for quality development with regard to physics teaching and the training of physics teachers, but also concrete concepts for successfully acquiring new skills.

In a sub-project of the DFG research group 2242 'Academic learning and success in the initial phase of MINT studies' (ALSTER), Prof. Hans E. Fischer and his research group deal with the relationship between skills for mathematical and physical modelling in the resolution of tasks and different variables for academic success. In projects funded by the BMBF, the link between language promotion in the teaching of physics, the linguistic and technical abilities of pupils from secondary school level, and technical competencies, is to be clarified with regard to the students' ability to explain physical concepts in an appropriate manner. Research into the link between the professional knowledge of teachers and their activities in the classroom was carried out during the reporting period.

Prof. Hendrik Härtig and his research group are focusing on the role of language in teaching physics. This includes an investigation into the influence of text and personality traits on the textual understanding of physical terminology as part of a DFG project, and is rounded off by studies on the promotion of linguistic abilities in technical teaching. On the other hand, the research group is also concerned with the development of learning opportunities for imparting experimental skills and examines how to adapt the requirements of pupil experiments to suit individual learning requirements.

The research group of Prof. Heike Theyßen is currently dealing with topics such as the development of methods for diagnosing and promoting pupils' experimental skills within a classroom environment. A joint BMBF project saw the development of a PC-based standardised test instrument, which can be used to

optimiert Unterrichtsprozesse, und sie entwickelt sowohl Instrumente zur Qualitätsentwicklung für den Physikunterricht und die Ausbildung von Physiklehrenden, als auch konkrete Konzepte für erfolgreichen Kompetenzerwerb.

Prof. Hans E. Fischer und seine Arbeitsgruppe bearbeitet in einem Teilprojekt der DFG-Forscherguppe 2242 Akademisches Lernen und Studierenerfolg in der Eingangsphase von MINT-Studiengängen (ALSTER) die Beziehung zwischen Fähigkeiten zur mathematisch-physikalischen Modellierung bei der Lösung von Aufgaben und unterschiedlichen Variablen des Studierenerfolgs. In Projekten unter Förderlinien des BMBF soll der Zusammenhang zwischen Sprachförderung im Physikunterricht und sprachlichen und fachlichen Fähigkeiten von Schüler\*innen der Sekundarstufe I und von fachlichen Kompetenzen auf die Fähigkeit von Studierenden des Lehramts geklärt werden, physikalische Konzepte adressatengerecht zu erklären. Die Untersuchung des Zusammenhangs zwischen professionellem Wissen von Lehrkräften und ihrem Handeln im Unterricht wurde im Berichtszeitraum abgeschlossen.

Die Arbeitsgruppe von Prof. Hendrik Härtig widmet sich zum einen der Rolle der Sprache im Physikunterricht. Dabei wird unter anderem in einem DFG Projekt der Einfluss von Text- und Personenmerkmalen auf das Textverständnis von physikalischen Fachtexten untersucht. Dies wird arrondiert durch Studien zur Förderung sprachlicher Fähigkeiten im Fachunterricht. Zum anderen beschäftigt sich die Arbeitsgruppe mit der Entwicklung von Lerngelegenheiten zur Vermittlung experimenteller Fähigkeiten und untersucht, wie man die Anforderungen von Schülerexperimenten an die individuellen Voraussetzungen der Lernenden anpassen kann.

Die Arbeitsgruppe von Prof. Heike Theyßen befasst sich aktuell u.a. mit der Entwicklung von Methoden zur Diagnostik und zur Förderung experimenteller Fähigkeiten von Schüler\*innen im Unterrichtsalldag. In einem BMBF-Verbundprojekt wurde ein PC-basiertes standardisiertes Testinstrument entwickelt, mit dem die Diagnostik experimenteller Fähigkeiten auch in großflächigen Leistungserhebungen zuverlässig möglich wird. Darüber hinaus werden in einem weiteren Teilprojekt der oben genannten

reliably diagnose experimental skills even in the case of increased performance on a large scale. In a further sub-project carried out by the aforementioned DFG research group, the interrelationship between different types of subject-specific prior knowledge and academic success in physics and biology is being examined.

## Awards and Distinctions

Prof. Dietrich Wolf has been awarded an honorary doctorate from Budapest University of Technology and Economics. 30 years of joint research with 11 colleagues from Budapest have given rise to no fewer than 55 scientific articles, with research topics covering growth processes, granular matter, rheology, friction, and electrical transport in molecules and nanostructures. For the past five years, our two universities have also been involved in a partnership that allows a large number of students from the Energy Science programme to spend one year abroad at the University of Budapest.

Prof. Herbert Wagner – Honorary Doctor of the Faculty of Physics and Postdoctorate Supervisor of Prof. Hans Werner Diehl – received the Max Planck Medal from the German Physics Association in 2016. The department had already honoured him back in 1992 with the title of Doctor of Natural Sciences for his scientific achievements, and he gained international prestige as a result of many fundamental contributions to the theory of condensed matter and statistical mechanics. In receiving this award, Prof. Herbert Wagner is following in the footsteps of Prof. Robert Graham from the Faculty of Physics, who was also a recipient of the Max Planck Medal in 2008.

Dr Andreas Beckel received prize money of €2,000 for his dissertation. This award was presented to him by Dr Joachim Bonn (Chairman of the Board of the Sparkasse Duisburg), Prof. Ulrich Radtke (Rector of the University of Duisburg-Essen) and Mayor Erkan Kocalar. In his dissertation, Mr Andreas Beckel examines the electronic properties of self-organised quantum dots, which are coupled with a two-dimensional electron gas by means of the tunnel effect.



DFG-Forschergruppe die Zusammenhänge zwischen verschiedenen Typen fachspezifischen Vorwissens und dem Studienerfolg in Physik und Biologie untersucht.

### Preise und Auszeichnungen

Prof. Dietrich Wolf ist von der Budapest University for Technology and Economics mit der Ehrendoktorwürde ausgezeichnet worden. In 30 Jahren gemeinsamer Forschung mit 11 Kolleg\*innen aus Budapest sind 55 wissenschaftliche Artikel entstanden. Die Forschungsthemen erstrecken sich über Wachstumsprozesse, Granulare Materie, Rheologie, Reibung und Elektrischen Transport in Molekülen und Nanostrukturen. Seit fünf Jahren verbindet die beiden Universitäten auch eine Partnerschaft, in deren Rahmen viele Studierende aus dem Studiengang Energy Science ein Auslandsjahr an der Universität in Budapest verbringen.

Prof. Herbert Wagner – Ehrendoktor der Fakultät für Physik und Habilitationsvater von Prof. Hans Werner Diehl – hat 2016 die Max-Planck-Medaille der Deutschen Physikalischen Gesellschaft erhalten. Der Fachbereich würdigte ihn schon 1992 mit dem Grad eines Doktors der Naturwissenschaften ehrenhalber für seine Leistungen als Wissenschaftler, der durch viele grundlegende Beiträge zur Theorie der kondensierten Materie und der statistischen Mechanik international großes Ansehen erlangt hat. Prof. Herbert Wagner folgt damit Prof. Robert Graham aus der Fakultät für Physik, der 2008 mit der Max-Planck-Medaille geehrt wurde.

Mit einem Preisgeld von 2000 € wurde die Dissertation von Dr. Andreas Beckel gewürdigt. Der Preis wurde ihm in einer Feierstunde vom Vorstandsvorsitzenden der Sparkasse Duisburg, Dr. Joachim Bonn, dem Rektor der Universität Duisburg-Essen Prof. Ulrich Radtke sowie Bürgermeister Erkan Kocalar überreicht. In seiner Dissertation untersucht Herr Andreas Beckel die elektronischen Eigenschaften von selbstorganisierten Quantenpunkten, die durch den Tunneleffekt an ein zweidimensionales Elektronengas gekoppelt sind.

Mit dem Gottschalk-Diederich-Baedeker-Preis wurden die herausragenden Leistungen von PD Dr. Carolin Schmitz-Antoniak gewürdigt. Die an

The Gottschalk-Diederich-Baedeker Prize was awarded to PD Dr Carolin Schmitz-Antoniak for her outstanding achievements. A teaching physicist at the University of Duisburg-Essen (UDE), her work looks at the extensive field of nanoscale magnetic materials, which can be found both in medicine (for example, in nuclear magnetic resonance imaging or tumour treatment) as well as in future data storage media. This prize is worth €5,000.

Prof. Volker Buck has been awarded an honorary doctorate by the Francisk Skorina Gomel State University in Belarus. He was chosen for this award due to the work he has undertaken not only in training scientists, but also in establishing international cooperations. As early as the 1990s, Mr Buck initiated a lively exchange with the local university shortly after Belarus gained independence. The honorary doctorate was awarded as part of the university's 85th anniversary celebrations.

In 2015, Ms Bärbel Maullu received the Diversity Prize from the University of Duisburg-Essen for her exceptional commitment and dedication in this field. Long before the terms 'diversity' and 'inclusion' had even made it onto the radar, she was already finding individual solutions for students who, for personal or private reasons, had problems following the standard courses for the practical element of their teacher training, whether that might be due to having children, needing to care for their parents, or suffering from ill health.

Dr Andreas Reichert received the Diversity Award from the University of Duisburg-Essen in the category of Diversity Commitment in 2016. He was honoured for his involvement in the 'freestyle physics' competition for pupils, the Evonik pupil laboratory and the Night of Physics event, all of which aim to provide pupils with an insight into research and study at the Faculty of Physics with a particular focus on pupils from families with low-education backgrounds.

Prof. Axel Lorke has been elected to the Board of Trustees of the Deutsches Museum in Munich. The experimental physicist teaches and conducts research at the Faculty of Physics and Centre for Nanointegration (CENIDE) at the University of Duisburg-Essen (UDE). "As

der Universität Duisburg-Essen (UDE) lehrende Physikerin erforscht das umfangreiche Gebiet der nanoskaligen magnetischen Materialien. Diese werden sowohl in der Medizin, z.B. in der Kernspintomographie oder Tumorbehandlung, als auch in künftigen Datenspeichermedien eingesetzt. Der Preis ist mit 5.000 Euro dotiert.

Prof. Volker Buck ist von der Francisk Skorina Gomel State University in Weißrussland mit der Ehrendoktorwürde ausgezeichnet worden. Mit diesem Titel wurde er für die Ausbildung von Wissenschaftlern und für den Aufbau von internationalen Kooperationen geehrt. Herr Buck hat schon in den Neunzigerjahren – also kurz nach der Unabhängigkeit von Weißrussland – einen regen Austausch mit der dortigen Universität in Gang gebracht. Die Ehrendoktorwürde wurde im Rahmen der 85-Jahrfeier der Universität verliehen.

Frau Bärbel Maullu hat 2015 den Diversity-Preis der Universität Duisburg-Essen für ihr außergewöhnliches Engagement erhalten. Sie hat schon lange, bevor die Begriffe „Diversity“ und „Inklusion“ bekannt geworden sind, individuelle Lösungen für Studierende gefunden, die aus persönlichen bzw. privaten Gründen Probleme haben, den Standardabläufen im Praktikum des Lehramtsstudiums zu folgen – ob sie nun Kinder haben, die Eltern pflegen oder aus gesundheitlichen Gründen individuelle Lösungen benötigen.

Dr. Andreas Reichert hat 2016 den Diversity-Preis der Universität Duisburg-Essen in der Kategorie Diversity-Engagement erhalten. Gewürdigt wurde sein Einsatz beim Schülerwettbewerb freestyle-physics, beim Evonik-Schülerlabor und bei der Nacht der Physik. Diese und weitere Veranstaltungen verfolgen alle das Ziel, Schüler\*innen einen Einblick in die Forschung und das Studium in der Fakultät für Physik zu geben. Der Fokus liegt dabei insbesondere bei Schüler\*innen aus bildungsfernen Familien.

Prof. Axel Lorke ist in das Kuratorium des Deutschen Museums in München gewählt worden. Der Experimentalphysiker lehrt und forscht in der Fakultät für Physik und am Center for Nanointegration (CENIDE) der Universität Duisburg-Essen (UDE). „Da die Gewinnung von Nachwuchs in den MINT-Fächern eines der wichtigen bildungspolitischen Ziele des Deutschen Museums ist, freuen wir uns sehr, dass Professor Lorke nun Mitglied unseres Kuratoriums

the acquisition of young talent in the MINT subjects is one of the fundamental educational goals of the Deutsches Museum, we are very pleased that Professor Lorke is now a member of our board of trustees,” explains Prof. Wolfgang Heckl, President of the Deutsches Museum. “He has never failed in his ability to pass on his enthusiasm for the natural sciences, whether he's dealing with his own students or laypeople.”

Prof. Michael Farle received the 2017 IEEE Distinguished Lecturer Prize from the IEEE Magnetics Society (worth USD 20,000), and became not only Adjunct Professor of Immanuel Kant Baltic Federal University, but also Director of the 'Centre for Functionalised Magnetic Materials' (FunMagMa), Kaliningrad, Russia.

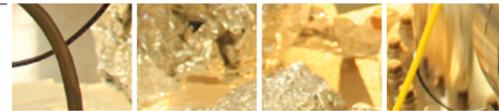
### Outlook

The scientific successes achieved in recent years as part of SFB 616 'Energy Dissipation on Surfaces' in one of the key research areas of the Faculty of Physics – namely solid-state physics – have led to the creation of a new collaborative research centre:

*SFB 1242 'Non-equilibrium Dynamics of Condensed Matter in the Time Domain'*

Targeted modifications of physical properties of condensed matter via external control parameters such as electrical voltage, pressure, temperature, and chemical composition give rise to diverse technological applications that shape our daily lives. Thermodynamics and their derivative concepts are generally used to understand these properties and the development of their applications. Microscopically, however, the generated change in properties often corresponds to a non-equilibrium situation, the theoretical treatment of which is sophisticated and generally requires innovative concepts that go beyond thermodynamics. With a complete understanding of the temporal development of the non-equilibrium as an ambitious goal, SFB 1242 promises innovative impulses and pioneering concepts for both science and applied purposes.

Extremely short-term external stimuli – such as light flashes, impulsive pressure



ist“, erklärt Prof. Wolfgang Heckl, Generaldirektor des Deutschen Museums. „Er schafft es seit jeher, seine Begeisterung für die Naturwissenschaften weiterzugeben – das gilt für seine Studenten genauso wie für Laien.“

Prof. Michael Farle erhielt den IEEE Distinguished Lecturer Preis 2017 der IEEE Magnetics Society, der mit 20.000 US\$ dotiert ist, und wurde zum Adjunct Professor der Immanuel Kant Baltic Federal University und zum Direktor des „Centre for Functionalized Magnetic Materials (FunMag-Ma), Kaliningrad, Russia ernannt.

### Perspektiven

Die in den vergangenen Jahren mit dem SFB 616 „Energiedissipation an Oberflächen“ erarbeiteten wissenschaftlichen Erfolge in einem der Forschungsschwerpunkte der Fakultät für Physik – Festkörperphysik – haben zur Einrichtung eines neuen Sonderforschungsbereiches geführt:

*SFB 1242 „Nichtgleichgewichtsdynamik kondensierter Materie in der Zeitdomäne“*

Gezielte Modifikationen physikalischer Eigenschaften kondensierter Materie durch externe Kontrollparameter wie elektrische Spannung, Druck, Temperatur und chemische Zusammensetzung ermöglichen vielfältige technologische Anwendungen, die unser Leben im Alltag prägen. Zum Verständnis dieser Eigenschaften und der Entwicklung von Anwendungen werden zumeist die Thermodynamik und daraus abgeleitete Konzepte bemüht. Mikroskopisch entspricht die erzeugte Eigenschaftsänderung aber häufig einer Nichtgleichgewichtssituation, deren theoretische Behandlung anspruchsvoll ist und im Allgemeinen neuartige Konzepte jenseits der Thermodynamik erfordert. Mit einem vollständigen Verständnis der zeitlichen Entwicklung des Nichtgleichgewichts als anspruchsvolles Ziel verspricht der SFB 1242 daher innovative Impulse und neuartige Konzepte für die Wissenschaft wie auch für Anwendungen.

Durch extrem kurzzeitige, externe Stimuli wie Lichtblitze, impulsive Druckänderungen, elektrische Spannungstöße oder Partikeleinschlag lassen sich Nichtgleichgewichtszustände in kondensierter Materie präparieren, wie sie durch eine reversible Energiezufuhr nicht erreicht werden können. Das in seinen elektronischen und phononischen Freiheitsgraden stark angeregte System folgt einer

changes, electrical voltage surges or partial impacts – can be used to prepare non-equilibrium states in condensed matter that cannot be achieved by means of a reversible energy supply. The system, which is strongly excited in its electronic and phononic degrees of freedom, follows a complex dynamic in both time and space with characteristic scales of time and length in the femtosecond or nanometre range proving significant. The understanding of these dynamic processes requires concepts that are based on the elementary, microscopic nature of the stimuli, take into account their mutual couplings, and therefore contain far more information than the equilibrium description of thermodynamics. Experimental access to these dynamics is achieved particularly in the time domain, which is why this collaborative research centre pursues this approach.

The primary goal of the collaborative research centre SFB 1242 ‘Non-equilibrium Dynamics of Condensed Matter in the Time Domain’ is to develop a cross-material, microscopic understanding of non-equilibrium states and their dynamics. The analysis of the stimuli in the time domain is performed in conjunction with a spatial constraint of the system under consideration (for example, in solid-state structures or molecular systems) by effectively limiting the dimensionality from three to two, one and zero dimensions. This combined approach allows direct access to the temporal correlation of the dynamics and ensures the sensitivity to a specific stimulus by means of targeted switching on and off of competing relaxation channels.

The intensive exchange of all participating scientists and the common quest for both realistic and ambitiously challenging research projects promises to bring outstanding insights, with initial publications already released, including one in the well-respected ‘Nature’ journal.

The appointment of Prof. Hendrik Härtig to the didactic team at the Faculty of Physics in the spring of 2016 promises new insights into the role of language in physics teaching and an intensification of research into the experimental abilities of pupils. This latter topic is

komplexen Dynamik in Zeit und im Raum, wobei charakteristische Zeit- und Längenskalen bis in den Femtosekunden- bzw. Nanometerbereich maßgeblich sind. Das Verständnis dieser dynamischen Vorgänge erfordert Konzepte, die auf der elementaren, mikroskopischen Natur der Anregungen aufbauen, ihre gegenseitigen Kopplungen berücksichtigen und daher weit mehr Informationen enthalten als die Gleichgewichtsbeschreibung der Thermodynamik. Der experimentelle Zugang zu dieser Dynamik gelingt insbesondere in der Zeitdomäne, weshalb dieser Sonderforschungsbe- reich diesen Ansatz verfolgt.

Vorrangiges Ziel des Sonderforschungsbereichs SFB 1242 „Nichtgleichgewichtsdynamik kondensierter Materie in der Zeitdomäne“ ist es, ein materialübergreifendes, mikroskopisches Verständnis von Nichtgleichgewichtszuständen und ihrer Dynamik zu entwickeln. Die Analyse der Anregungen in der Zeitdomäne wird in Verbindung mit einer räumlichen Einschränkung des betrachteten Systems durchgeführt, wie z.B. in Festkörperstrukturen oder in molekularen Systemen durch eine Einschränkung der Dimensionalität von drei auf effektiv zwei, eine und null Dimensionen. Dieses kombinierte Vorgehen ermöglicht einen direkten Zugang zur zeitlich-räumlichen Korrelation der Dynamik und gewährleistet die Empfindlichkeit auf eine bestimmte Anregung durch gezieltes An- bzw. Abschalten konkurrierender Relaxationskanäle.

Der intensive Austausch aller beteiligten Wissenschaftler\*innen und das gemeinsame Streben nach sowohl realistischen als auch ambitioniert herausfordernden Forschungsprojekten verspricht herausragende Erkenntnisse – die sich zu diesem Zeitpunkt mit den ersten Veröffentlichungen, darunter eine bei der angesehenen Zeitschrift Nature, schon einstellen.

Die Berufung von Prof. Hendrik Härtig in der Didaktik der Fakultät für Physik im Frühjahr 2016 verspricht neue Erkenntnisse bezüglich der Rolle von Sprache im Physikunterricht und eine Intensivierung der Forschung zu den experimentellen Fähigkeiten von Schüler\*innen. Letzteres Thema ist auch ein Schwerpunkt in der Forschungsgruppe von Prof. Heike Theyßen – hier wird es sicher zu Synergien kommen.

also a focal point of the work conducted by Prof. Heike Theyßen and her research group, so there are sure to be some synergies in this regard.

## Kontakt | Contact

### Dekanat Physik

Universität Duisburg-Essen  
Lotharstraße 1  
47048 Duisburg

☎ +49 203 379 3552  
☎ +49 203 379 1614  
@ dekanat@physik.uni-duisburg-essen.de  
🌐 www.uni-due.de/physik