

Nanowissenschaften

Nanosciences

Das „Center for Nanointegration Duisburg-Essen“, kurz CENIDE, vertritt den Forschungsschwerpunkt „Nanowissenschaften“ der Universität Duisburg-Essen: Seit 2005 vernetzt es die Forschungs- und Lehraktivitäten, die sich mit der Nanodimension beschäftigen, in den Natur- und Ingenieurwissenschaften sowie in der Medizin. Kurz gesagt: CENIDE ist die Gemeinschaft der Nano-Forscher an der UDE – das Know-how von mehr als 55 Arbeitsgruppen unter der Leitung ausgewiesener Experten trifft hier zusammen. Kooperationen mit externen Mitgliedern, die ähnliche Forschungsansätze verfolgen, stärken das Kompetenzspektrum.

The Center for Nanointegration Duisburg-Essen (CENIDE) represents the Main Research Area of Nanosciences at the University of Duisburg-Essen. Since 2005 the Center has been networking research and teaching activities relating to the nanodimension in the natural sciences, engineering, and medicine. CENIDE is the community of nanoresearchers at the UDE and brings together the know-how of more than 55 research groups led by established experts. Cooperation with external members pursuing similar lines of research adds to the range of expertise.



Forschung

Die zahlreichen Kooperationen zwischen den Wissenschaftlern von CENIDE sowie mit externen Partnern haben auch in den Jahren 2012 und 2013 wieder zu einer Vielzahl von Veröffentlichungen und erfolgreichen Projekten geführt. Daher sind die nachfolgenden Highlights nur ein kleiner Ausschnitt der Forschungsaktivitäten in CENIDE:

Ein Erfolg für die Nanowissenschaftler aller Fachdisziplinen ist die Anerkennung des „Interdisciplinary Center for Analytics on the Nanoscale“, kurz ICAN, als DFG-Gerätezentrum. ICAN vereint Geräte, Methoden und fachliche Kompetenz zur Analytik auf der Nanometerskala und eröffnet den Arbeitsgruppen der Universität und Kooperationspartnern die Möglichkeit, ihre Proben mit den jeweils am besten geeigneten Methoden analysieren zu lassen. Einen wesentlichen Schwerpunkt von ICAN bildet das Mikroskopiezentrum im NanoEnergieTechnikZentrum (NETZ) am Campus Duisburg.

Nachfolgend ausgewählte Forschungshighlights aus den Arbeitsgruppen:

Mechanismen auf der Nanoskala

Die Arbeitsgruppe um Prof. Rolf Möller entwickelte eine außergewöhnliche Methode, um die Bewegung einzelner Atome und Moleküle in Echtzeit nachzuverfolgen. In „Nature Materials“ beschrieben die Wissenschaftler, wie sie per Rastertunnelmikroskop einzelne Moleküle des blauen Farbpigments Kupferphthalocyanin auf einer Kupferoberfläche analysierten. Dabei stellten sie fest, dass der Messwert an manchen Stellen des Moleküls nicht konstant blieb, sondern hin- und hersprang. Daraufhin entwickelten sie eine Elektronik, die parallel zur normalen Oberflächenmessung ebenfalls sämtliche Parameter dieses Rauschens erfasst: Schaltrate, Schaltamplitude und Taktverhältnis. Übertragen auf die Vorgänge in der molekularen Ebene bedeutet das: Die Forscher können in Echtzeit beobachten, wie sich das Molekül bewegt.

In ebenso kleinen Dimensionen hat die Arbeitsgruppe um Prof. Michael Horn-von Hoegen

Research

Collaboration between CENIDE researchers and with external partners again produced a large number of publications and successful projects in 2012 and 2013. The following highlights are therefore just a small selection of CENIDE's research activities.

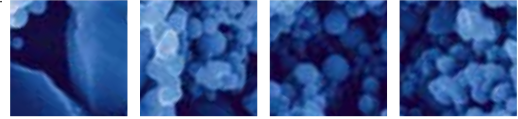
One success story shared by the nanoscientists of all disciplines is the Interdisciplinary Center for Analytics on the Nanoscale, or ICAN for short, which has been recognised as a DFG Core Facility. ICAN combines the apparatus, techniques and expertise for nanometre-scale analyses and offers the research groups at the University and cooperating partners the methods of analysis best suited to their samples. One of ICAN's core areas is the microscopy centre in the NanoEnergieTechnikZentrum (NETZ) on the Duisburg campus.

The following are some selected highlights from the different research groups:

Mechanisms on the nanoscale

The research group of Prof. Rolf Möller developed an extraordinary technique with which to track the motion of single atoms and molecules in real-time. The researchers published in Nature Materials how they analysed individual molecules of the blue pigment Phthalocyanine Blue on a copper surface with a scanning tunneling microscope. During their analysis they found that the measurement on some areas of the molecule did not remain constant but jumped back and forth. This prompted them to develop the electronics to take the normal surface measurements and also measure all the parameters of this noise: switching rate, switching amplitude and frequency ratio. By transferring them to the processes at molecular level, they were able to observe the movement of the molecule in real-time.

Hitherto unknown effects in equally minute dimensions have been observed by Prof. Michael Horn-von Hoegen and his research group: the two-dimensional material graphene, a single layer of hexagonally arranged carbon atoms,



bisher unbekannte Effekte beobachtet: Das zwei-dimensionale Material Graphen, das lediglich aus einer einzigen Schicht wabenförmig angeordneter Kohlenstoffatome besteht, leitet elektrischen Strom so gut wie kein anderes Material. Doch bei der Herstellung von besonders hochwertigem Graphen wirft der wertvolle Werkstoff Falten, die seine Leitfähigkeit entscheidend verringern. Mithilfe einer ausgeklügelten, erstmals angewandten Analysetechnik konnten die Forscher nachweisen, dass die Falten sich beim Aufheizen vollständig zurückbilden und keine Schäden im Material hinterlassen. Eine elementare Erkenntnis für zukünftige superschnelle Computer oder knautschbare Displays.

Mit der Kombination elektrischer und magnetischer Eigenschaften in einem System haben sich in den vergangenen Jahren besonders zwei Arbeitsgruppen erfolgreich beschäftigt: Das Team um Prof. Heiko Wende, Prof. Wolfgang Kleemann und Dr. Carolin Schmitz-Antoniak untersuchte ein Komposit-System aus ferrimagnetischen und ferroelektrischen Bestandteilen, das mithilfe eines Magnetfelds elektrische Spannung aufbaut. Für die digitale Datenspeicherung wird das System dadurch interessant, dass die elektrische Polarisation auch noch erhalten bleibt, wenn das Magnetfeld wieder ausgeschaltet ist. Grundsätzlich sollte das Prinzip auch umgekehrt funktionieren, so die Forscher in „Nature Communications“: Nur über eine elektrische Spannung, also ohne Stromfluss, kann die Magnetisierungsrichtung umgeschaltet und so ein Bit geschrieben werden. Der Speicher käme also mit extrem wenig Energie aus.

Die Arbeitsgruppe um Prof. Gerd Bacher beschäftigte sich ebenfalls mit Bauelementen, die elektrische, optische und magnetische Funktionalität vereinen. Sein Team konnte erstmals zwei in Fachkreisen bisher umstrittene Kopplungskonstanten unabhängig bestimmen und zeigen, dass eine der beiden Konstanten in der Tat in Nanostrukturen stark verändert ist. Zudem konnten sie nachweisen, dass die von ihnen verwendeten Nanobänder auch bei Raumtemperatur magneto-optische Funktionalität zeigen.

conducts an electric current better than any other material. However, this valuable material wrinkles during the manufacture of particularly high-quality graphene, considerably reducing its conductivity. With the aid of a sophisticated analytical technique used for the first time, the researchers were able to prove that the wrinkles disappear entirely on heating, with no detrimental effects on the material. This finding is invaluable for the superfast computers of tomorrow or for flexible displays.

The combination of electrical and magnetic properties in a system has been the subject of some very successful work by two research groups in particular over the past few years: the team of Prof. Heiko Wende, Prof. Wolfgang Kleemann and Dr. Carolin Schmitz-Antoniak have investigated a composite system of ferrimagnetic and ferroelectrical components which creates an electric potential with a magnetic field. The system becomes interesting for digital data storage because the electric polarisation remains even after the magnetic field has been switched off. The principle should also apply the other way, as the researchers reported in *Nature Communications*: the direction of magnetisation can be switched and a bit written under an electric potential, i.e. with no current flowing. The memory would therefore only need an extremely small amount of energy.

Prof. Gerd Bacher's research group were also interested in components that combine electrical, optical and magnetic functionality. His team were able to separately measure two coupling constants that had hitherto been a subject of disagreement among experts and show that one of them changes considerably in nanostructures. The researchers were also able to prove that the nanoribbons used by them exhibit magneto-optical functionality at room temperature.

Nano and life

The work of Prof. Christian Mayer's research group and partners from Essen University Hospital on nanocapsules as oxygen carriers for an artificial blood substitute has already appeared

Nano und Leben

Bereits sieben Publikationen hat die Arbeitsgruppe um Prof. Christian Mayer zusammen mit Partnern des Uniklinikums Essen zu Nanokapseln als Sauerstoffträger für künstlichen Blutersatz veröffentlicht, allein drei davon im Jahr 2013: Dabei geht es um die Entwicklung und Anwendung von polymeren Nanokapseln, die mit Perfluordecalin als Lösemittel für Sauerstoff gefüllt sind. Untersucht wird nun, ob diese Dispersionen als synthetischer Blutersatz in Frage kommen. Erste Tierversuche belegen die grundsätzliche Funktion bereits. Auch wenn einige Aspekte der langfristigen Verträglichkeit noch nicht geklärt sind, bestehen dennoch gute Erfolgsaussichten.

Um die Selbstorganisation von Nanostrukturen geht es dagegen in der Arbeitsgruppe von Prof. Carsten Schmuck. In ihrer vom Fachmedium „Angewandte Chemie“ als „hot paper“ klassifizierten Veröffentlichung beschreiben die Forscher, wie sie erstmals kleine, organische Moleküle dazu gebracht haben, sich eigenständig zu einem vergleichsweise großen Gel zu formieren – vereinfacht gesagt, ein Übergang von flüssig zu fest. Anders als bei den meisten konventionellen Gelen besteht dieses nicht aus langen, fadenförmigen Molekülen, sondern ausschließlich aus kleinen organischen Monomeren. Solche schaltbaren supramolekularen Polymere sind als potenzielle Funktionsmaterialien sehr interessant.

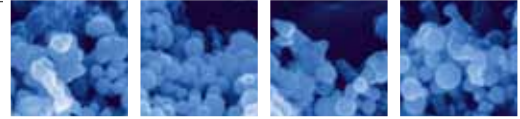
Im Juni 2013 stellten die Beteiligten des Projekts „nanoGEM“ unter der Leitung von PD Dr. Thomas Kuhlbusch die Ergebnisse ihrer jahrelangen Forschungsarbeiten zur Freisetzung und Wirkung von Nanomaterialien vor. Die wichtigste Erkenntnis: Ob und wie Nanomaterialien die Gesundheit beeinträchtigen, hängt nicht nur von deren Größe, sondern auch von der Gestaltung ihrer Oberfläche ab. So liefert das Projekt wichtige Erkenntnisse zur Identifizierung von relevanten Eigenschaften. Dies vereinfacht die notwendigen Risikobeurteilungen und macht Gruppierungen auf Basis bestimmter physikalisch-chemischer Eigenschaften für die Risikobewertung möglich.



Wissenschaftlicher Direktor / Scientific Director: Prof. Dr. Christof Schulz

in seven publications, three of them in 2013 alone. They deal with the development and application of polymer nanocapsules filled with perfluordecalin as a solvent for oxygen. Investigation is now underway as to whether these dispersions have potential as a synthetic blood substitute. The first animal experiments have already confirmed the essential function, and while some aspects of long-term compatibility still remain to be clarified, the chances of success are good.

Self-organisation of nanostructures is the subject of work in the research group of Prof. Carsten Schmuck. In their publication, classed as a “hot paper” by the journal *Angewandte Chemie*, the researchers describe how they were able, for the first time, to induce small organic molecules to autonomously form a comparatively large gel –



Nano in der Energietechnik

Mit der Eröffnung des NanoEnergieTechnik-Zentrums (NETZ) am Campus Duisburg hat die schon seit Jahren bestehende gemeinschaftliche Forschung an Nanomaterialien für energietechnische Anwendungen auch einen räumlichen Mittelpunkt bekommen: Das bisher einzigartige Zentrum ermöglicht es den 120 Wissenschaftlern aus der Chemie, Physik und den Ingenieurwissenschaften, alle Schritte der Prozesskette von der Nanopartikelsynthese aus der Gasphase bis zum Bauteil detailliert zu untersuchen und zu optimieren.

Zudem startete Anfang 2012 das große EU-Verbundprojekt „BUONAPART-E“ unter der Leitung von Prof. Einar Kruijs. Ziel des mit 10,4 Millionen Euro geförderten Vorhabens ist es, industrierelevante Mengen von hochwertigen Nanoteilchen möglichst energieeffizient und umweltschonend herzustellen. Dabei wollen die Wissenschaftler die Aufskalierbarkeit von energieeffizienten und umweltschonenden Prozessen für die Herstellung von hochwertigen Nanopartikeln durch Parallelisierung zeigen.

Sehr erfolgreich sind unsere Wissenschaftler auch in der Erforschung von Materialien, die Temperaturunterschiede in elektrischen Strom umsetzen: Gleich fünf Arbeitsgruppen um Prof. Peter Kratzer, Dr. Gabi Schierning, Prof. Roland Schmechel, Dr. Hartmut Wiggers und Prof. Dietrich Wolf konnten sich mit ihren Projekten zu nanostrukturierten Thermoelektrika in der zweiten Förderperiode des Schwerpunktprogramms 1386 der Deutschen Forschungsgemeinschaft durchsetzen. Im Jahr 2012 hat Dr. Gabi Schierning zusammen mit dem Institut für Energie- und Umwelttechnik (IUTA) und der Gesellschaft für Schweißtechnik International für ihren thermoelektrischen Generator, der aus nanostrukturiertem Silizium besteht, den InnoMateria Award verliehen bekommen.

Batterien, die länger halten, mehr Energie speichern und weniger brennbares Material enthalten: Das sind einige Ziele des Projekts „NaKoLiA“, das Prof. Christof Schulz, Dr. Hartmut Wiggers und Prof. Angelika Heinzel beim

or more simply, to make the transition from liquid to solid. Unlike most of its conventional counterparts, this gel does not consist of long, threadlike molecules but exclusively of small organic monomers. Such switchable supramolecular polymers are very interesting as potential functional materials.

In June 2013 the members of the “nanoGEM” project led by PD Dr. Thomas Kuhlbusch presented the results of their years of research work on the release and effects of nanomaterials. Their major discovery has been that whether and how nanomaterials adversely affect health depends not only on their size but also on their surface structure. The project provides important insights for identification of the relevant properties, which simplifies the necessary risk analysis and assessment and makes it possible to define groups according to specific physical and chemical properties for risk evaluation.

Nano in energy technology

When the NanoEnergieTechnikZentrum (NETZ) opened its doors on the Duisburg campus, it finally gave a physical centre to the collaborative research that has been ongoing at the University for many years on nanomaterials for energy technology applications. This unique facility offers the 120 chemists, physicists and engineers the chance to examine and optimise all stages of the process chain, from nanoparticle synthesis from the gas phase through to the finished component.

The beginning of 2012 also saw the launch of the major EU consortium project “BUONAPART-E” headed by Prof. Einar Kruijs. The project, which is receiving 10.4 million euros in funding, sets out to manufacture industry-relevant quantities of high-quality nanoparticles in the most energy efficient and environmentally compatible way possible. The scientists intend to show how such processes can be upscaled for high-quality nanoparticle manufacture by means of parallelisation.

Another area in which very successful research is underway is in exploring materials

Bundesministerium für Bildung und Forschung eingeworben haben. Marktreife ist hier das Ziel. Daher sind auch die Ansprüche der Wissenschaftler konkret formuliert: Sie wollen Gewicht, Größe, Ladezeiten und Kosten von Lithium-Ionen-Batterien reduzieren und gleichzeitig die Speicherkapazität erhöhen. All das mit für Mensch und Umwelt ungefährlichen Substanzen. Ihr Material der Wahl heißt Silizium: Es ist unbedenklich, in ausreichenden Mengen verfügbar und damit günstig. Ergänzend dazu definieren die beiden Arbeitsgruppen zusammen mit Partnern der Ruhr-Universität Bochum im Projekt „NanoSiLiKat“ die Kriterien, die Stabilität und Leistung der Elektrode bestimmen, um darauf aufbauend bessere Materialien zu entwickeln. Denn für künftige Möglichkeiten der Energiespeicherung und für die Elektromobilität sind leistungsfähigere Lithium-Ionen-Batterien essenziell.

Für sein Projekt „INNOKAT“ konnte Dr. Philipp Wagener aus der Arbeitsgruppe von Prof. Stephan Barcikowski 1,52 Millionen Euro Förderung vom Bundesministerium für Bildung und Forschung einwerben. Die von ihm aufgebaute Arbeitsgruppe entwickelt heterogene Katalysatoren auf Basis besonders reiner Nanopartikel. Diese Katalysatoren spielen bei chemischen Stoffumsetzung oder der Speicherung von Energie in chemischer Form eine entscheidende Rolle. Ihr wichtigster Bestandteil sind Nanopartikel aus Edelmetallen, an denen die katalytischen Reaktionen ablaufen. Und hier gilt: Je reiner die Oberfläche dieser Partikel ist, desto aktiver sind sie. Parallel dazu erforscht das Team um den Nachwuchswissenschaftler Nanopartikel auf der Basis von Nickel, die das bisher übliche – und ausgesprochen teure – Platin in Katalysatoren ersetzen könnten.

Um homogene Katalyse geht es hingegen in der Arbeit der Gruppe um Prof. Jochen Gutmann: Zusammen mit Kollegen des Max-Planck-Instituts für Kohlenforschung in Mülheim haben die Wissenschaftler erstmals eine Methode zur Wiederverwendung organischer Katalysatoren entwickelt und die Ergebnisse in „Science“ veröffentlicht: In der homogenen Katalyse, die beispielsweise in der Pharmaindustrie häufig genutzt wird, liegen



Geschäftsführer / Managing Director: Dr. Tobias Teckentrup

which convert temperature differences into electric current: five research groups in total, led by Prof. Peter Kratzer, Dr. Gabi Schierning, Prof. Roland Schmechel, Dr. Hartmut Wiggers and Prof. Dietrich Wolf, were able to secure funding for their projects on nanostructured thermoelectrics in the second funding period of the Priority Programme 1386 of the German Research Foundation (DFG). In 2012 Dr. Gabi Schierning together with the Institute for Energy and Environmental Technology (IUTA) and the Gesellschaft für Schweißtechnik International (GSI) received the InnoMateria Award for their thermoelectric generator made of nanostructured silicon.

Batteries that last longer, store more energy and contain less combustible material are just

Ausgewählte Publikationen Selected Publications

- Schaffert, J., M. Cottin, A. Sonntag, H. Karacuban, C. Bobisch, N. Lorente, J. Gauyacq, R. Möller (2012): Imaging the dynamics of individually adsorbed molecules, *Nature Materials* 12, 223–227.
- Lee, J.-W., T. Mayer-Gall, K. Opwis, C. Eui Song, J. S. Gutmann, B. List (2013): Organotextile Catalysis, *Science* 341 (6151), 1225–1229.
- Chernousova, S., M. Epple (2012): Silver as Antibacterial Agent: Ion, Nanoparticle, and Metal, *Angewandte Chemie Internationale Edition* 52, 1636–1653.
- Hattab, H., A. N'Diaye, D. Wall, C. Klein, G. Jnawali, J. Coraux, C. Busse, R. van Gastel, B. Poelsema, T. Michely, F. Meyer zu Heringdorf, M. Horn-von Hoegen (2012): Interplay of Wrinkles, Strain, and Lattice Parameter in Graphene on Iridium, *Nano Letters* 12 (2), 678–682.
- Gutsche, C., A. Lysov, D. Braam, I. Regolin, G. Keller, Z.-A. Li, M. Geller, M. Spasova, W. Prost, F. Tegude (2012): n-GaAs/InGaP/p-GaAs Core-Multishell Nanowire Diodes for Efficient Light-to-Current Conversion, *Advanced Functional Materials* 22, 929–936.
- Schmitz-Antoniak, C., D. Schmitz, P. Borisov, F. de Groot, S. Stienen, A. Warland, B. Krumme, R. Feyerherm, E. Dudzik, W. Kleemann, H. Wende (2013): Electric In-Plane Polarization in Multiferroic CoFe₂O₄/BaTiO₃ Nanocomposite Tuned by Magnetic Fields, *Nature Communications* 4, 2051.
- Jnawali, G., C. Klein, Th. Wagner, H. Hattab, P. Zahl, D. P. Acharya, P. Sutter, A. Lorke, M. Horn-von Hoegen (2012): Manipulation of Electronic Transport in the Bi(111) Surface State, *Physical Review Letters* 108, 266804.
- Hamid, N.A., S. Wennig, S. Hardt, A. Heinzl, C. Schulz, H. Wiggers (2012): High-Capacity Cathodes for Lithium-Ion Batteries from Nanostructured LiFePO₄ Synthesized by Highly-Flexible and Scalable Flame Spray Pyrolysis, *Journal of Power Sources* 216, 76.
- Bhattacharya, K., E. Hoffmann, R. F. P. Schins, J. Boertz, E. Prantl, G. M. Alink, H. J. Byrne, T. A. J. Kuhlbusch, Q. Rahman, H. Wiggers, C. Schulz, E. Dopp (2012): Comparison of Micro- and Nanoscale Fe³⁺-Containing (Hematite) Particles for Their Toxicological Properties in Human Lung Cells In Vitro, *Toxicological Sciences* 126, 173–82.
- Becker, A., S. Angst, A. Schmitz, M. Engenhorst, J. Stoetzel, D. Gautam, H. Wiggers, D. Wolf, G. Schierning, R. Schmechel (2012): The Effect of Peltier Heat During Current-Activated Densification, *Applied Physics Letters* 101, 013113.

one of the goals of the “NaKoLiA” project of Prof. Christof Schulz, Dr. Hartmut Wiggers and Prof. Angelika Heinzl with the Federal Ministry of Education and Research (BMBF). Their aim is to take the products to market maturity, which is also why the researchers have a very specific set of demands: they want to reduce the weight, size, charging time and cost of lithium-ion batteries while simultaneously increasing the storage capacity – using substances that are not harmful to humans or to the environment. Their material of choice is silicon: it is safe, in adequate supply, and therefore inexpensive. The two research groups are additionally working with partners from the Ruhr University Bochum within the “NanoSiLiKat” project on defining criteria for electrode stability and performance with the aim of developing better materials. Higher-performance lithium-ion batteries are essential for future energy storage requirements and electromobility.

Dr. Philipp Wagener from the research group of Prof. Stephan Barcikowski successfully secured 1.52 million euros in funding from the Federal Ministry of Education and Research (BMBF) for his “INNOKAT” project. The research group he set up is developing heterogeneous catalysts based on particularly pure nanoparticles. These catalysts play a critical role in chemical substance conversion or energy storage in chemical form. Their most important component is the noble metal nanoparticles on which the catalytic reactions occur. The purer the surface of these particles, the more active they are. In parallel to this work the junior researcher’s team is also investigating nickel-based nanoparticles, which could replace the hitherto usual – and extremely expensive – platinum in catalysts.

Catalysis in its homogeneous form is meanwhile the topic of Prof. Jochen Gutmann’s research group: in conjunction with colleagues from the Max-Planck-Institut für Kohlenforschung in Mülheim, the scientists have for the first time developed a method of reusing organic catalysts. The findings of their work have been published in *Science*: in homogeneous catalysis,



sowohl die Katalysatorsubstanzen als auch die Ausgangsstoffe in der gleichen Form vor, zum Beispiel beide gelöst in einer Flüssigkeit. Am Ende einer Reaktion steht daher immer eine Mischung aus dem gewünschten Produkt und den Katalysatorsubstanzen. Letztere bleiben dann im Produkt oder müssen aufwendig aufgereinigt werden. Indem die Wissenschaftler die Katalysatoren nun erstmals über kovalente Bindungen an Nylon fixiert haben, lassen diese sich nach erfolgter Reaktion ganz einfach aus dem Produkt herausziehen und sofort wiederverwenden – ohne Leistungsverlust und ohne Auswirkungen auf das Produkt.

Auswahl derzeit geförderter koordinierter Projekte:

Aufgrund der großen Zahl der Projekte, die von CENIDE-Mitgliedern geleitet werden und an denen sie beteiligt sind, ist die folgende Liste nur eine Auswahl:

- EU-Projekt „Better Upscaling and Optimization of Nanoparticle and Nanostructure Production by Means of Electrical Discharges – BUONAPART-E“ (2012–2016)
- DFG-SFB 616 „Energiedissipation an Oberflächen“ (2002–2013)
- Beteiligung an diversen Schwerpunktprogrammen der DFG (SPP)
- Ziel2-Projekt „NanoEnergieTechnikZentrum, NETZ“ (2009–2013)
- DFG Gerätezentrum „Interdisciplinary Center for Analytics on the Nanoscale – ICAN“ (2013–2016)
- BMBF-Projekt „Integration und Applikation von ligandenfreien und kontrolliert ligandenfunktionalisierten Nanopartikeln in der Katalyse – INNOKAT“ (2013–2017)
- BMBF-Projekt „Nanokomposite für Lithium-Ionen-Anoden – NaKoLiA“ (2012–2014)
- BMBF-Projekt „Nanostrukturierte Materialien-Gesundheit, Exposition und Materialeigenschaften – nanoGEM“ (2011–2013)
- MERCUR-Projekt „Entwicklung und Charakterisierung von Nanomaterialien für neuartige Kathoden von wiederaufladbaren Lithi-

a process often used in the pharma industry, for example, both the catalyst substances and the starting substances have the same form, e. g. both dissolved in a liquid. At the end of a reaction this always leaves a mixture of the target product and the catalyst substances. The latter then either remain in the product or require intensive treatment to remove them. The researchers have now for the first time used covalent bonds to bind the catalysts to nylon, which makes it possible to separate them quickly and easily from the product after the reaction and re-use them – without any loss of performance or effect on the product.

Selection of currently funded coordinated projects:

The following list contains just a selection of the many projects coordinated by CENIDE members or in which they are taking part:

- EU project “Better Upscaling and Optimization of Nanoparticle and Nanostructure Production by Means of Electrical Discharges – BUONAPART-E” (2012–2016)
- DFG SFB 616 “Energy Dissipation at Surfaces” (2002–2013)
- Various DFG Priority Programmes (SPP)
- Ziel2 project “NanoEnergieTechnikZentrum, NETZ” (2009–2013)
- DFG “Interdisciplinary Center for Analytics on the Nanoscale – ICAN” Core Facility (2013–2016)
- BMBF “INNOKAT” project (2013–2017)
- BMBF “NaKoLiA” project (2012–2014)
- BMBF “nanoGEM” project (2011–2013)
- MERCUR “NanoSiLiKat” project (2013–2015)
- MERCUR project “Smart Materials from Ionic Liquids for Energy – SMILE” (2012–2014).

Selection of regular events and activities

- Every year the members of CENIDE organise more than ten national and international workshops.
- CENIDE was again highly successful in 2012–2013 in offering further education seminars to scientists and employees from industry.



um-Ionen-Batterien – NanoSiLiKat“ (2013–2015)

- MERCUR-Projekt „Smart Materials from Ionic Liquids for Energy – SMILE“ (2012–2014).

Auswahl regelmäßiger Veranstaltungen und Aktivitäten

- Jedes Jahr organisieren die CENIDE-Mitglieder mehr als zehn zum Teil internationale Workshops.
- Auch 2012 und 2013 bot CENIDE mit großem Erfolg Fortbildungsseminare für Wissenschaftler und in der Industrie Beschäftigte an. Themen waren unter anderem „Batterietechnik und Elektromobilität“ und „Überflüssig oder überflüssig? Ansätze zur Regulierung der Nanotechnik“.
- Beim CENIDE-Science Talk referieren mehrmals im Jahr international hochrangige Wissenschaftler zusammen mit einem CENIDE-Mitglied zu neuen Ergebnissen und Entwicklungen auf verschiedenen Gebieten der Nanotechnologie.
- In den regelmäßig stattfindenden „MPI Lectures“ in Kooperation mit der Fakultät für Chemie und den beiden Max-Planck-Instituten in Mülheim informieren Wissenschaftler (bisher: Prof. Robert Schlögl und Prof. Ferdi Schüth) in mehrwöchigen Vortragsreihen allgemeinverständlich über aktuelle Forschungsthemen.
- 2012 hat CENIDE wieder erfolgreich einen Fotowettbewerb ausgeschrieben, zu dem mehr als 80 teils hervorragende Bilder aus der Nanowelt eingesandt wurden. 2013 folgte ein Logowettbewerb mit ebenfalls außergewöhnlich kreativen und ästhetischen Umsetzungen des CENIDE-Logos. Zudem wird jährlich der CENIDE-Best Paper Award verliehen.
- Mit dem Duisburger NanoDialog, dem NanoEnergie-Newsletter, regelmäßiger Pressearbeit sowie einzelnen Publikationen und Aktionen wie zum Beispiel dem UNIKATE-Heft „NanoEnergie“ (2013) und den 26. Universitätswochen Moers informiert CENIDE stetig und jeweils

Topics included battery technology and electromobility, and approaches to regulating nanotechnology.

- CENIDE Science Talk is an event held several times a year at which leading scientists join a CENIDE member to talk on new findings and developments in various areas of nanotechnology.
- At the regular MPI Lectures in cooperation with the Faculty of Chemistry and the two Max-Planck Institutes in Mülheim, scientists (so far Prof. Robert Schlögl and Prof. Ferdi Schüth) report over a number of weeks on current research topics in a series of lectures for a lay audience.
- In 2012 CENIDE launched the next instalment of its successful photo competition and received more than 80 photos from the world of nano, some of which were outstanding. This was followed in 2013 by a competition for the CENIDE logo, which likewise attracted some extremely creative and aesthetic ideas. CENIDE also has an annual Best Paper Award.
- NanoDialog in Duisburg, the NanoEnergie newsletter, regular press work and one-off publications and events, such as the UNIKATE “NanoEnergie” booklet (2013) and the 26th University Weeks in Moers, are some of the ways CENIDE keeps the different sections of its public in touch with its latest research and activities.
- The first open evening following the move into the new NanoEnergieTechnikZentrum was held in September 2013 and proved to be a great success.

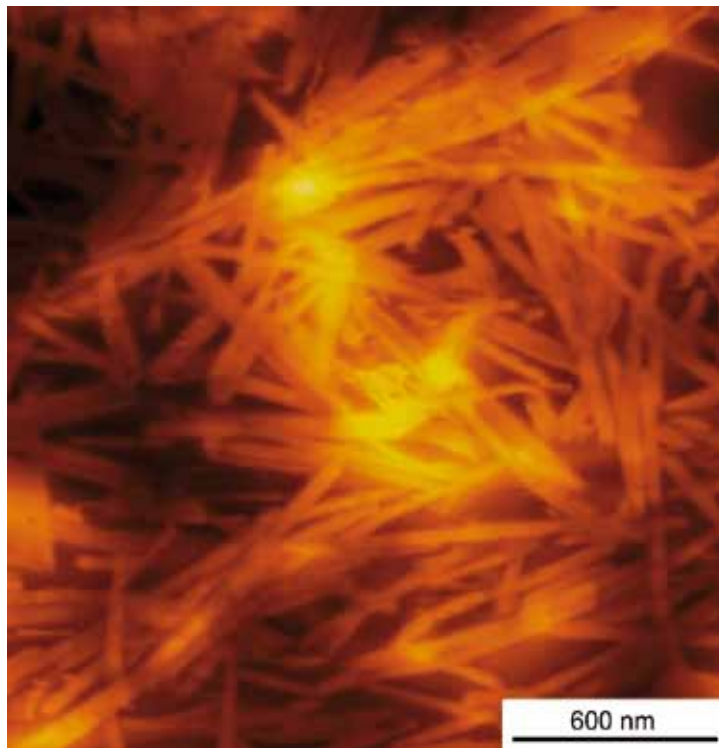
Cooperation and International News

CENIDE continued to extend its (inter)national cooperation in 2012 and 2013:

- A new series of the revered Gordon Research Conferences has been launched on CENIDE’s initiative. The successful first conference, on the subject of “Nanomaterials for Applications in Energy Technology”, was held in February 2013 in Ventura (USA).
- SFB 616 organised the 5th international

zielgruppengerecht über seine Forschung und Aktivitäten.

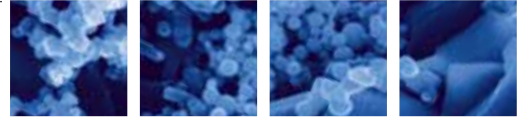
- Mit dem Bezug des neuen NanoEnergieTechnik-Zentrums fand im September 2013 erstmals ein „Abend der offenen Tür“ statt, der begeistert angenommen wurde.
- Kooperationen und Internationales
- Auch in den Jahren 2012 und 2013 hat CENIDE seine (inter)nationalen Kooperationen weiter ausgebaut:
- Auf Initiative von CENIDE wurde eine neue Serie der renommierten Gordon Research Conferences ins Leben gerufen. Die erste Konferenz zum Thema “Nanomaterials for Applications in Energy Technology” fand im Februar 2013 bereits erfolgreich in Ventura (USA) statt.
- Der SFB 616 veranstaltete den 5. internationalen Workshop „Energiedissipation an Oberflächen“ in Bonn.
- In Kooperation mit der Osram GmbH, dem Forschungszentrum Jülich und dem Max-Planck-Institut für chemische Energiekonversion in Mülheim konnten drei NRW-Nachwuchsgruppen etabliert werden.
- Das siebenwöchige „CENIDE Nano Summer Program“ wurde mit Teilnehmern aus insgesamt 17 Nationen bereits zweimal erfolgreich durchgeführt. Auch der SFB 616 organisierte 2012 eine Summer School.
- Im November 2013 war der renommierte Materialforscher Prof. Yi Cui der Stanford University auf Einladung von CENIDE als „Scientist in Residence“ an der UDE. Durch Vorträge, Symposien und Gespräche konnten so die bereits bestehenden Verbindungen zu dem CENIDE-Gastprofessor weiter vertieft werden.
- Workshops zum Thema „Nanomaterialien für Energieanwendungen“ gemeinsam mit der Universität Tsukuba (Japan) fanden bereits an der UDE (2012) und in Tsukuba statt (2013). Das Partnerschaftsprogramm zwischen den beiden Universitäten zum Austausch von Nano-Wissenschaftlern wird vom DAAD gefördert.



Rasterkraftmikroskopische Aufnahme von Nanobändern mit magneto-optischer Funktionalität.

Images of nanoribbons with magneto-optical functionality on the scanning force microscope.

- “Energy Dissipation at Surfaces” workshop in Bonn.
- Three NRW junior researcher groups have been set up in cooperation with Osram GmbH, the Forschungszentrum Jülich and the Max-Planck-Institut für chemische Energiekonversion in Mülheim.
- The seven-week “CENIDE Nano Summer Program” has already been held successfully twice with participants from 17 countries. SFB 616 also organised a summer school in 2012.
- In November 2013 the eminent materials researcher Prof. Yi Cui of Stanford University was a guest of the the UDE as Scientist in Residence at CENIDE’s invitation. Existing ties with the guest professor were strengthened during the visit in lectures, symposia and talks.
- Workshops on the subject of “Nanomaterials for Energy Applications” with the University



- Die Foto-Ausstellung „NanoArt“ mit faszinierenden Bildern aus den CENIDE-Forschungsgruppen geht weiter erfolgreich um die Welt. Nach New York war sie in den vergangenen beiden Jahren unter anderem in Recife (Brasilien), Moskau (Russland), Chicago (USA) und Dresden (Deutschland) zu sehen.
- Prof. Michael Farle wurde in den neugegründeten Forschungsrat der Universitätsallianz Metropole Ruhr (UAMR) gewählt.

Diese Aufzählung gibt natürlich nur einen kleinen Einblick in die zahlreichen Kooperationen, die unter dem Dach von CENIDE gewachsen sind. Alle Kooperationen einzelner Arbeitsgruppen aufzuzeigen, ist in diesem Rahmen nicht möglich.

Preise und Auszeichnungen

- Prof. Andreas Ney erhielt für seine Habilitation den Gottschalk-Diederich-Baedeker-Preis 2012.
- Das Team um Dr. Gabi Schierning erreichte den 1. Platz beim InnoMateria-Award 2012 für die Entwicklung eines thermoelektrischen Generators auf Basis von Nanosilizium.
- Prof. Ferdi Schüth wurde mit dem Wilhelm-Klemm-Preis der GDCh (2012) sowie der Chemical-Engineering-Medal der ETH Zürich (2013) ausgezeichnet.
- Prof. Stephan Barcikowski wurde für den Berthold Leibinger Innovationspreis 2012 nominiert und erhielt den Lehrpreis der Fakultät für Chemie 2012.
- Für seine Untersuchungen zu nickelbasierten Nanopartikeln hat Dr. Philipp Wagener ein Max-Buchner-Stipendium verliehen bekommen.
- Dr. Ekaterina Nannen hat den Innovationspreis Ingenieurwissenschaften der Sparkasse am Niederrhein erhalten.
- Dr. Carolin Schmitz-Antoniak wurde mit dem Dale Sayers Young Scientist Award der International X-ray Absorption Society (IXAS) ausgezeichnet und konnte eine Helmholtz-Nachwuchsgruppe am Forschungszentrum Jülich einwerben.

of Tsukuba (Japan) have already been held at the UDE (2012) and in Tsukuba (2013). The partner programme for nanoscientists between the two universities is funded by the DAAD.

- The “NanoArt” exhibition of fascinating photos from the CENIDE research groups is continuing its successful journey around the world. Following New York it has been in Recife (Brazil), Moscow (Russia), Chicago (USA) and Dresden (Germany) over the past two years.
- Prof. Michael Farle was elected to the newly established Research Council of the University Alliance Ruhr (UA Ruhr).

This list naturally gives only a small insight into the many collaborations taking place under the CENIDE umbrella. It is not possible in the present format to mention all cooperation of individual groups.

Awards and Distinctions

- Prof. Andreas Ney received the Gottschalk-Diederich-Baedeker Prize in 2012 for his habilitation thesis.
- Dr. Gabi Schierning’s team won the InnoMateria Award 2012 for the development of a thermoelectric generator based on nanosilicon.
- Prof. Ferdi Schüth was awarded the Wilhelm-Klemm Prize of the GDCh (2012) and the Chemical Engineering Medal of ETH Zürich (2013).
- Prof. Stephan Barcikowski was nominated for the Berthold Leibinger Innovation Award in 2012 and in the same year won the teaching award of the Faculty of Chemistry.
- A Max Buchner bursary was awarded to Dr. Philipp Wagener for his investigation of nickel-based nanoparticles.
- Dr. Ekaterina Nannen received the Engineering Innovation Award of the Sparkasse am Niederrhein.
- The Dale Sayers Young Scientist Award of the International X-ray Absorption Society (IXAS) went to Dr. Carolin Schmitz-Antoniak, who also secured a Helmholtz Young Investigators Group at the Forschungszentrum Jülich.

Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler

Researchers

Fakultät für Chemie

Faculty of Chemistry

- Prof. Dr.-Ing. Stephan Barcikowski
- Prof. Dr. Matthias Epple
- PD Dr. Nils Hartmann
- Prof. Dr. Eckart Hasselbrink
- Prof. Dr. Christian Mayer
- Prof. Dr. Sebastian Schlücker
- Prof. Dr. Carsten Schmuck
- Prof. Dr. Stephan Schulz
(Vorstand)
- Prof. Dr. Mathias Ulbricht
- Prof. em. Dr. Reinhard Zellner

Fakultät für Physik

Faculty of Physics

- Prof. Dr. Uwe Bovensiepen
- Prof. Dr. Volker Buck
- Prof. em. Dr. Peter Entel
- Prof. Dr. Michael Farle
- Dr. Martin Paul Geller
- Prof. Dr. Michael Horn-von
Hoegen (Stellvertretender
Wissenschaftlicher Direktor)
- Prof. Dr. Jürgen König
- Prof. Dr. Peter Kratzer
- Prof. Dr. Axel Lorke (Vorstand)
- PD Dr. Frank-Joachim Meyer zu
Heringdorf
- Prof. Dr. Rolf Möller
- Prof. Dr. Hermann Nienhaus
- Prof. Dr. Marika Schleberger
- Dr. Klaus Sokolowski-Tinten
- Prof. Dr. Heiko Wende
- Prof. Dr. Dietrich Wolf

Fakultät für Biologie

Faculty of Biology

- Dr. Barbara Saccà

Fakultät für

Ingenieurwissenschaften

Faculty of Engineering

- Prof. Dr. Burak Atakan
- Prof. Dr. Gerd Bacher
- Prof. Dr. Daniel Erni
- Prof. Dr.-Ing. Alfons Fischer
- Prof. em. Dr.-Ing. Heinz Fissan
- Prof. em. Dr. Dieter Jäger
- Prof. Dr.-Ing. Andreas Markus
Kempf
- Prof. Dr.-Ing. Einar Kruis
- Dr. Tilmar Kümmell
- Prof. Dr. Doru C. Lupascu
- Dr.-Ing. Wolfgang Mertin
- Dr.-Ing. Werner Prost
- Dr. Gabi Schierning
- Prof. Dr. Roland Schmechel
(Vorstand)
- Prof. Dr.-Ing. Frank Schmidt
- Prof. Dr. Christof Schulz
(Wissenschaftlicher Direktor)
- Prof. Dr. Franz-Josef Tegude
- Dr. Hartmut Wiggers
- Prof. Dr. Markus Winterer

Fakultät für Medizin

Faculty of Medicine

- Prof. Dr. Elke Dopp

Externe Mitglieder

External Members

- Prof. Dr.-Ing. Dieter Bathen (IUTA)
- Prof. Dr. Jochen S. Gutmann
(DTNW)
- Prof. Dr. Angelika Heinzel
(ZBT GmbH)
- Prof. Dr. Michael Kraft
(Fraunhofer IMS)
- PD Dr. Thomas Kuhlbusch (IUTA)
- Dr. Frank Marlow, Max-Planck-
Institut für Kohlenforschung
- Prof. Dr. Cedrik Meier,
Universität Paderborn
- Prof. Dr. Andreas Ney,
Johannes Kepler Universität Linz
- Prof. Dr. Claus M. Schneider,
Universitätsallianz Ruhr (UA Ruhr)
- Prof. Dr. Ferdi Schüth, Max-Planck-
Institut für Kohlenforschung
- Dr. Torsten Textor (DTNW)

CENIDE-Gastprofessoren*

CENIDE Guest Professors*

- Prof. Yi Cui
(Stanford University, USA)
- Prof. Ronald K. Hanson
(Stanford University, USA)
- Prof. Dr. Markus Kraft (University
of Cambridge, Großbritannien)
- Prof. Sotiris E. Pratsinis
(ETH Zürich, Schweiz)
- Prof. Gregory J. Smallwood
(National Research Council, Kanada)

* übernehmen u. a. Lehraufgaben an der UDE über
einen längeren Zeitraum / **who take on long-term
responsibilities at the UDE, including teaching**



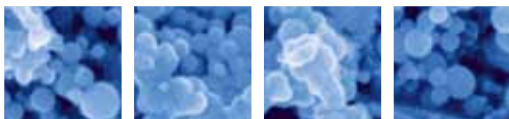
*Fassade des NanoEnergieTechnikZentrums (NETZ) am Campus Duisburg
Front of the NanoEnergieTechnikZentrum (NETZ) on the Duisburg campus*

Perspektiven

Mit der Eröffnung des NanoEnergieTechnikZentrums (NETZ) im Februar 2013 hat CENIDE einen wichtigen Meilenstein erreicht: Die schon seit Jahren stattfindende Forschung zum Thema „Nanomaterialien in Energieanwendungen“ hat nun auch einen geographischen Mittelpunkt zum direkten Austausch zwischen Wissenschaftlern verschiedener Disziplinen und Kooperationspartnern. NETZ ist bildlich gesprochen flügge geworden, wengleich es weiterhin einen wichtigen Teil der CENIDE-Aktivitäten ausmacht. Dennoch hat es Platz geschaffen, unter dem Dach von CENIDE nun gemeinsam mit allen Mitgliedern neue Leuchtturmprojekte zu entwickeln, andere Themenbereiche der Nanoforschung gleichermaßen – oder auch auf ganz andere Weise – zu fördern. Denn die Forschung unter dem Dach von CENIDE ist breit

Outlook

The opening of the NanoEnergieTechnikZentrum (NETZ) in February 2013 marked an important milestone for CENIDE. It now has a geographic location for its long-running research on nanomaterials in energy applications and for direct exchange between scientists from diverse disciplines and cooperation partners. NETZ has very much taken off in its own right, although it remains an important part of CENIDE's activities. Nevertheless, it has still created a space for all members to work together under the CENIDE umbrella on developing new flagship projects and advancing other thematic areas of nanoresearch in the same – or perhaps also very different – ways. CENIDE opens up a broad range of opportunities and options for research, from biomedical topics through information technology



aufgestellt und reicht von biologisch-medizinischen Themen über Informationstechnologie und Materialwissenschaften bis hin zur begleitenden Risikoforschung.

Als Konsortialpartner des Clusters NanoMikro-WerkstoffePhotonik.NRW gestaltet CENIDE die Projekte und Ziele der Nanoforschung in NRW maßgeblich mit. Als nur ein Beispiel für zahlreiche Projekte und Arbeitskreise ist hier die Ende 2013 gegründete Fachgruppe „Graphen und 2D-Materialien“ zu nennen.

Der Wissenschaftliche Direktor von CENIDE, Prof. Christof Schulz, wurde am 12. März in der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften mit dem Leibniz-Preis 2014 ausgezeichnet.

Dr. Gabi Schierning hat 2014 den Innovationspreis des Wissenschaftsministeriums NRW erhalten.

and material science to the accompanying risk research.

As a consortium partner of the NanoMikro-WerkstoffePhotonik.NRW cluster, CENIDE is significantly involved in developing projects and defining goals in nanoresearch in NRW. One example of the many projects and working groups it is involved in is “Graphene and 2D materials”, which was founded at the end of 2013.

The Scientific Director of CENIDE, Prof. Christof Schulz, received the Leibniz Award 2014 on 12 March at the Berlin-Brandenburg Academy of Sciences and Humanities.

Dr. Gabi Schierning is the recipient of the NRW Science Ministry’s Innovation Award in 2014.

Kontakt

Contact



CENIDE – Center for Nanointegration Duisburg-Essen

Prof. Dr. Christof Schulz

Wissenschaftlicher Direktor Scientific Director

☎ +49 (0) 203 / 379 - 81 63

☎ +49 (0) 203 / 379 - 81 59

@ christof.schulz@uni-due.de

Dr. Tobias Teckentrup

Geschäftsführer Managing Director

☎ +49 (0) 203 / 379 - 81 78

☎ +49 (0) 203 / 379 - 81 59

@ tobias.teckentrup@uni-due.de

CENIDE-Geschäftsstelle

NanoEnergieTechnikZentrum NETZ

Carl-Benz-Str. 199

D-47057 Duisburg

🌐 www.cenide.de