



© Foto: Samer Suleiman, CENIDE

Blick auf die Mitte eines Synthesereaktors, der speziell für die reproduzierbare Herstellung und Untersuchung von Nanopartikeln aus einer Sprayflamme entwickelt wurde. Der eigens für diese Zwecke konzipierte SpraySyn-Brenner erzeugt eine Flamme, die mithilfe einer speziellen Probenentnahmesonde untersucht wird, die für Temperaturen von bis zu 2600°C geeignet ist.
View of the centre of a synthesis reactor that was specially developed for the reproducible production and examination of nanoparticles from a spray flame. The specially designed SpraySyn burner generates a flame that is examined with the help of a special sampling probe that is suitable for temperatures of up to 2600°C.

Nanowissenschaften (CENIDE) Nanoscience

Winzige Polymer-Becher mit einem Volumen von nur wenigen Attolitern, die einmal Ölrückstände aus Wasser entfernen könnten oder die Herstellung hochwertiger Katalysatormaterialien in nur einem Schritt: Im Center for Nanointegration Duisburg-Essen (CENIDE), das den Profilschwerpunkt „Nanowissenschaften“ vertritt, sind Grundlagenforschung und Verarbeitung funktionaler Nanomaterialien bis zur industriellen Umsetzung eng verzahnt. Dazu verbindet CENIDE 75 Arbeitsgruppen aus den Natur- und Ingenieurwissenschaften sowie der Medizin, die sich mit nanoskaligen Phänomenen und Materialien beschäftigen.

Tiny polymer cups with a volume of just a few attoliters that could one day remove oil residues from water, or the production of high-quality catalyst materials in just one step: At the Center for Nanointegration Duisburg-Essen (CENIDE), which represents the main research area “nanoscience”, basic research and the processing of functional nanomaterials are closely interlinked all the way through to industrial implementation. To this end CENIDE links 75 working groups from the natural and engineering sciences as well as medicine that focus on nanoscale phenomena and materials.

CENIDE zählt zu den größten Forschungszentren für Nanowissenschaften in Europa und kooperiert eng mit nationalen und internationalen akademischen Partnern sowie namhaften Unternehmen. Das einzigartige Forschungsgebäude NanoEnergie-TechnikZentrum (NETZ) ist ein Teil von CENIDE und verfügt u.a. über Anlagen für die Herstellung von Nanomaterialien aus der Gasphase und deren Weiterverarbeitung sowie über das High-Tech-Mikroskopiezentrum „Interdisciplinary Center for Analytics on the Nanoscale (ICAN)“.

Forschung

In den Jahren 2018 und 2019 sind mit dem SFB/TRR 247 „Heterogene Oxidationskatalyse in der Flüssigphase“ und dem SFB/TRR 270 „HoMMage – Hysterese-Design magnetischer Materialien für effiziente Energieumwandlung“ gleich zwei neue Sonderforschungsbereiche/Transregios gestartet bzw. bewilligt worden, die von CENIDE-Mitgliedern zum erheblichen Teil getragen werden. Zusammen mit dem seit 2016 bestehenden SFB 1242 „Nichtgleichgewichtsdynamik kondensierter Materie in der Zeitdomäne“ wirken CENIDE-Mitglieder nun in drei SFB/TRR maßgeblich mit und sind in einem weiteren mit sechs Teilprojekten engagiert.

Die weiteren Highlights aus den sechs CENIDE-Forschungsschwerpunkten werden im Folgenden knapp dargestellt:

Dynamische Prozesse in Festkörpern:

Biologische, chemische und physikalische Prozesse finden meist rasend schnell und auf kleinstem Raum statt. Im SFB 1242 „Nichtgleichgewichtsdynamik kondensierter Materie in der Zeitdomäne“ wird diese Dynamik in Festkörpern, auf Oberflächen oder in Nanostrukturen mit höchster Zeitauflösung untersucht. Dazu nutzen die Forscher*innen die „Pump-Probe-Technik“: Zum Zeitpunkt Null wird das zu untersuchende System über einen ultrakurzen und intensiven Laserpuls angeregt. Anschließend fällt es in seinen Grundzustand zurück. Bevor dies geschieht, wird sein momentaner Zustand durch einen zweiten ultrakurzen Impuls untersucht, z.B. durch Messung der optischen Absorption. Dies wird mit zeitlich immer größerem Abstand zwischen Anregung und Abfrage wiederholt, um

CENIDE is one of the largest research centres for nanosciences in Europe and cooperates closely with national and international academic partners and renowned companies. The unique research building NanoEnergieTechnikZentrum (NETZ) is part of CENIDE and includes facilities for the production of nanomaterials from the gas phase and their further processing as well as the high-tech microscopy centre called the “Interdisciplinary Center for Analytics on the Nanoscale (ICAN)”.

Research

In 2018 and 2019, two new Collaborative Research Centres/Transregios were launched or approved, CRC/TRR 247 “Heterogeneous Oxidation Catalysis in the Liquid Phase” and CRC/TRR 270 “HoMMage – Hysteresis Design of Magnetic Materials for Efficient Energy Conversion”, which are largely carried by CENIDE members. Together with CRC 1242 “Non-Equilibrium Dynamics of Condensed Matter in the Time Domain”, which has been in existence since 2016, CENIDE members are now significantly involved in three CRC/TRRs and active in another one with six subprojects.

The other highlights from CENIDE’s six main research areas are briefly described below:

Dynamic processes in solids:

Biological, chemical and physical processes usually take place at breakneck speed and in the tiniest of spaces. In CRC 1242 “Non-Equilibrium Dynamics of Condensed Matter in the Time Domain”, these dynamics are investigated in solids, on surfaces or in nanostructures with the highest-possible time resolution. The researchers use the “pump-probe technique”: At time zero, the system under investigation is stimulated by an ultrashort and intense laser pulse. It then returns to its basic state. Before this happens, its current state is examined using a second ultrashort pulse, e.g. by measuring the optical absorption. This is repeated with increasing time intervals between stimulation and interrogation to obtain snapshots of the system, which together represent an ultrafast process. Two-dimensional materials offer an interesting area for the investigation of such non-equilibrium dynamics. Other examples

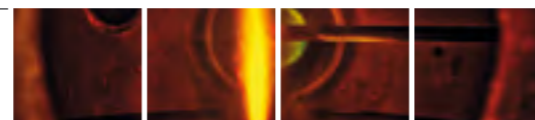


Wissenschaftlicher Direktor/Scientific Director: Prof. Dr. Heiko Wende

Momentaufnahmen des Systems zu erhalten, die zusammengesetzt einen ultraschnellen Prozess abbilden. Zweidimensionale Materialien bieten einen interessanten Spielplatz für die Untersuchung solcher Nicht-Gleichgewichtsdynamiken. Weitere Beispiele für die Forschung innerhalb des SFB sind die Datenspeicherung mit neuen Phasenwechselmaterialien und die Aufnahme in Superzeitlupe von Plasmonwellen auf der Femtosekundskaala. In der nächsten Förderperiode wollen die Forscher*innen noch einen Schritt weitergehen und ihren Fokus von der Beobachtung mehr auf die Steuerung der Dynamik der Prozesse verlagern.

Gasphasensynthese von Nanomaterialien:

Die Gasphasensynthese von funktionellen Nanomaterialien ist ein langjähriger Schwerpunkt von CENIDE. Die Arbeit reicht vom Verständnis der Grundlagen bis zur Entwicklung



of research within the CRC are data storage with new phase change materials and the super slow-motion recording of plasmon waves on the femtosecond scale. In the next funding period, the researchers want to go one step further and shift their focus from observation to controlling the dynamics of the processes.

Gas phase synthesis of nanomaterials:

The gas phase synthesis of functional nanomaterials is a long-standing focus of CENIDE. The work ranges from understanding the basics to developing processes that are scalable for industrial production. Experiments, modelling and simulation are closely linked in order to understand the underlying processes.

The DFG Research Unit (FOR) 2284 "Model-Based Scalable Gas Phase Synthesis of Complex Nanoparticles" focuses on the synthesis of complex nanostructured materials from gaseous and vaporized precursors. "Complex" here means that the materials should not only be uniform in composition, size and crystal structure, they should also have defined secondary and tertiary structures such as core and shell, different porosity and different surface structures.

As an alternative to the use of gaseous precursors, the members of the DFG Priority Programme (SPP) 1980 "Nanoparticle Synthesis in Spray Flames SpraySyn: Measurement, Simulation, Processes" are investigating spray flame-based synthesis methods, in particular for the production of polyvalent oxides. As a basis for the coordinated research in the SPP, the CENIDE researchers have developed a standard experiment, the SpraySyn burner, which has now been distributed to around 20 laboratories worldwide (see photo p. 22). The investigation of the spray flame synthesis of nanoparticles on a well-defined standard burner allows a comprehensive data set to be generated with different established and new measurement methods.

Catalysis:

More than 80% of all chemical products are created using catalytic processes. But powerful catalysts are also essential for new applications in energy conversion and storage, e.g. in fuel cells. Within CENIDE the focus is on the synthesis and characterisation of highly active, selective and



Geschäftsführer/Managing Director: Dr. Tobias Teckentrup

von Prozessen, die für die industrielle Produktion skalierbar sind. Experimente, Modellierung und Simulation sind eng miteinander verknüpft, um die zugrunde liegenden Prozesse zu verstehen.

Die DFG-Forschungsgruppe (FOR) 2284 „Modellbasierte skalierbare Gasphasensynthese komplexer Nanopartikel“ widmet sich der Synthese komplexer nanostrukturierter Materialien aus gasförmigen und verdampften Vorläufern. „Komplex“ bedeutet hier, dass die Materialien nicht nur in ihrer Zusammensetzung, Größe und Kristallstruktur einheitlich sein sollten. Darüber hinaus sollen sie auch über definierte sekundäre und tertiäre Strukturen verfügen wie Kern und Schale, unterschiedliche Porosität sowie verschiedene Oberflächenstrukturen.

Alternativ zur Verwendung gasförmiger Vorläufer untersuchen die Mitglieder des DFG-Schwerpunktprogramms (SPP) 1980 „Nanopartikelsynthese in Sprayflammen SpraySyn: Messung, Simulation, Prozesse“ sprayflammenbasierte Synthesemethoden, insbesondere zur Erzeugung mehrwertiger Oxide. Als Grundlage für die koordinierte Forschung im SPP haben die CENIDE-Forscher*innen ein Standardexperiment, den SpraySyn-Brenner, entwickelt, der inzwischen an rund 20 Labore weltweit verteilt wurde (siehe Abbildung S. 22). Die Untersuchung der Sprayflammensynthese von Nanopartikeln an einem gut definierten Standardbrenner ermöglicht es, einen umfassenden Datensatz mit verschiedenen etablierten und neuartigen Messmethoden zu erstellen.

Katalyse:

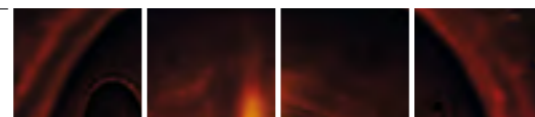
Mehr als 80 % aller chemischen Produkte entstehen mithilfe katalytischer Prozesse. Aber auch für neue Anwendungen in der Energieumwandlung und -speicherung, z.B. in Brennstoffzellen, sind leistungsfähige Katalysatoren essenziell. Innerhalb von CENIDE liegt der Fokus auf der Synthese und Charakterisierung von hochaktiven, selektiven und stabilen Nanomaterialien für die heterogene Katalyse. Ziel ist es, die Mechanismen zu verstehen und darauf aufbauend Hochleistungskatalysatoren zu identifizieren und gezielt herzustellen.

Die Katalyse-Forschung in CENIDE wird von zwei großen Drittmittelprojekten angeführt: Dem im Juli 2018 gestarteten DFG-geförderten

stable nanomaterials for heterogeneous catalysis. The aim is to understand the mechanisms and, based on this, to identify and specifically produce high-performance catalysts.

Catalysis research in CENIDE is led by two major third-party funded projects: the DFG-funded Collaborative Research Centre/Transregio (CRC/TRR) 247 "Heterogeneous Oxidation Catalysis in the Liquid Phase", which was launched in July 2018, and the BMBF-funded project KontiKat, which aims to establish a contamination-free process chain for catalysts based on pulsed laser ablation.

The University of Duisburg-Essen, the Ruhr-Universität Bochum, the Max Planck Institute (MPI) für Kohlenforschung, the MPI for Chemical Energy Conversion and the Fritz Haber Institute are all collaborating in CRC/TRR 247. Together they want to better understand the active centres and mechanisms of oxidation



Wissenschaftler*innen | Researchers

Fakultät für

Ingenieurwissenschaften

Prof. Dr. Burak Atakan
 Prof. Dr. Gerd Bacher
 Prof. Dr.-Ing. Dieter Bathen (ebenfalls: Institut für Energie- und Umwelttechnik, IUTA e.V.)
 Prof. Dr. Thomas Dreier
 Prof. Dr. Daniel Erni
 Dr. Mustapha Fikri
 Prof. Dr.-Ing. Heinz Fissan
 Dr.-Ing. Stefanie Hanke
 Prof. Dr. Angelika Heinzel (ebenfalls: Zentrum für BrennstoffzellenTechnik, ZBT GmbH)
 Prof. Dr. Tina Kasper
 Prof. Dr.-Ing. Andreas Kempf
 Prof. Dr. Thomas Kirchartz (ebenfalls: Forschungszentrum Jülich GmbH)
 Prof. Dr.-Ing. Einar Kruis
 Dr. Tilmar Kümmell
 Prof. Dr. Doru C. Lupascu
 Dr.-Ing. Wolfgang Mertin
 Dr.-Ing. Werner Prost
 Jun.-Prof. Dr. Doris Segets
 Prof. Dr. Roland Schmechel
 Prof. Dr.-Ing. Frank Schmidt
 Prof. Dr. Christof Schulz (Vorstand)
 Prof. Dr. Franz-Josef Tegude
 Prof. Dr. Nils Weimann
 Prof. Dr. Hartmut Wiggers
 Prof. Dr. Markus Winterer
 Dr.-Ing. Irenäus Wlokas

Fakultät für Chemie

Prof. Dr.-Ing. Stephan Barcikowski (Vorstand)
 Prof. Dr. Malte Behrens (Stellvertretender Wissenschaftlicher Direktor)
 Prof. Dr. Matthias Epple
 Jun.-Prof. Dr. Michael Giese
 PD Dr. Bilal Gökce
 Jun.-Prof. Dr. André H. Gröschel
 Prof. Dr. Jochen S. Gutmann
 Prof. Dr. Nils Hartmann
 Prof. Dr. Eckart Hasselbrink
 Prof. Dr. Christian Mayer
 Dr. Jochen Niemeyer
 Prof. Dr. Sebastian Schlücker
 Prof. Dr. Carsten Schmuck †

Prof. Dr. Stephan Schulz
 Prof. Dr. Mathias Ulbricht
 Jun.-Prof. Dr. Jens Voskuhl
 Prof. Dr. Reinhard Zellner

Fakultät für Physik

Prof. Dr. Uwe Bovensiepen
 Prof. Dr. Volker Buck
 Prof. Dr. Peter Entel
 Prof. Dr. Michael Farle
 PD Dr. Martin Paul Geller (Vorstand)
 PD Dr. Markus Gruner
 Prof. Dr. Michael Horn-von Hoegen
 PD Dr. Alfred Hucht
 Prof. Dr. Jürgen König
 Prof. Dr. Peter Kratzer
 Prof. Dr. Axel Lorke
 Prof. Dr. Frank-Joachim Meyer zu Heringdorf
 Prof. Dr. Rolf Möller
 Prof. Dr. Hermann Nienhaus
 Dr. Katharina Ollefs
 Prof. Dr. Rossitza Pentcheva
 Prof. Dr. Marika Schleberger (Vorstand)
 Prof. Dr. Martina Schmid
 Prof. Dr. Claus M. Schneider
 PD Dr. Klaus Sokolowski-Tinten
 Prof. Dr. Björn Sothmann
 Prof. Dr. Heiko Wende (Wissenschaftlicher Direktor)
 Prof. Dr. Dietrich Wolf

Fakultät für Biologie

Prof. Dr. Barbara Saccà
 Prof. Dr. Shirley Knauer

Fakultät für Medizin

Jun.-Prof. Dr. Katja Ferenz

Externe Mitglieder

Prof. Dr. Elke Dopp (Covestro Deutschland AG)
 Prof. Dr. Thomas Kuhlbusch (Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin)
 PD Dr. Frank Marlow (Max-Planck-Institut für Kohlenforschung)
 Prof. Dr. Ferdi Schüth (Max-Planck-Institut für Kohlenforschung)
 Prof. Dr. Martin Winter (MEET Battery Research Center der Universität Münster und Forschungszentrum Jülich GmbH)

Sonderforschungsbereich/Transregio (SFB/TRR) 247 „Heterogene Oxidationskatalyse in der Flüssigphase“ und dem BMBF-geförderten Projekt KontiKat, das den Aufbau einer kontaminationsfreien Prozesskette für Katalysatoren auf Basis der gepulsten Laserablation zum Ziel hat.

Im SFB/TRR 247 arbeiten die Universität Duisburg-Essen, die Ruhr-Universität Bochum, das Max-Planck-Institut (MPI) für Kohlenforschung, das MPI für chemische Energiekonversion und das Fritz-Haber-Institut zusammen. Gemeinsam wollen sie die aktiven Zentren und Mechanismen von Oxidationsreaktionen an der Fest-Flüssig-Grenzfläche besser verstehen. Dieses Wissen kann genutzt werden, um neue hochwertige Katalysatoren für katalytische Prozesse unter günstigen Bedingungen zu entwickeln.

Magnetische Materialien:

Im November 2019 konnte die UDE zusammen mit der TU Darmstadt den neuen Sonderforschungsbereich/Transregio (SFB/TRR) 270 „HoMMage – Hysterese-Design magnetischer Materialien für effiziente Energieumwandlung“ einwerben. Die Wissenschaftler*innen arbeiten gemeinsam an neuen Verfahren zur Produktion innovativer Magnetmaterialien, indem sie nur einzelne Atome verändern, aber auch ganze Werkstücke verformen und umgestalten. Künstliche Intelligenz hilft dabei, die Suche nach den vielversprechendsten Materialkombinationen und die Entdeckung neuer geeigneter Werkstoffe zu beschleunigen.

Eines der Forschungsthemen sind magnetokalorische Materialien, bei denen – vereinfacht ausgedrückt – die Temperatur eines Werkstoffes gezielt über ein Magnetfeld verändert werden kann. Auf diese Weise ließen sich Kühlschränke und Klimaanlage leise, mit sehr geringem Energieeinsatz und ohne klimaschädliche Gase betreiben. Mit dieser Technologie beschäftigen sich die Forscher*innen auch innerhalb des Schwerpunktprogramms (SPP) 1599 „Caloric Effects in Ferroic Materials: New Concepts for Cooling“. Die Verschmelzung von Grundlagenforschung und Materialforschung mit hohem Anwendungspotenzial bildet die Basis für eine enge Zusammenarbeit mit der Industrie in diesem Themenbereich.

reactions at the solid-liquid interface. This knowledge can be used to develop new high-quality catalysts for catalytic processes under favourable conditions.

Magnetic materials:

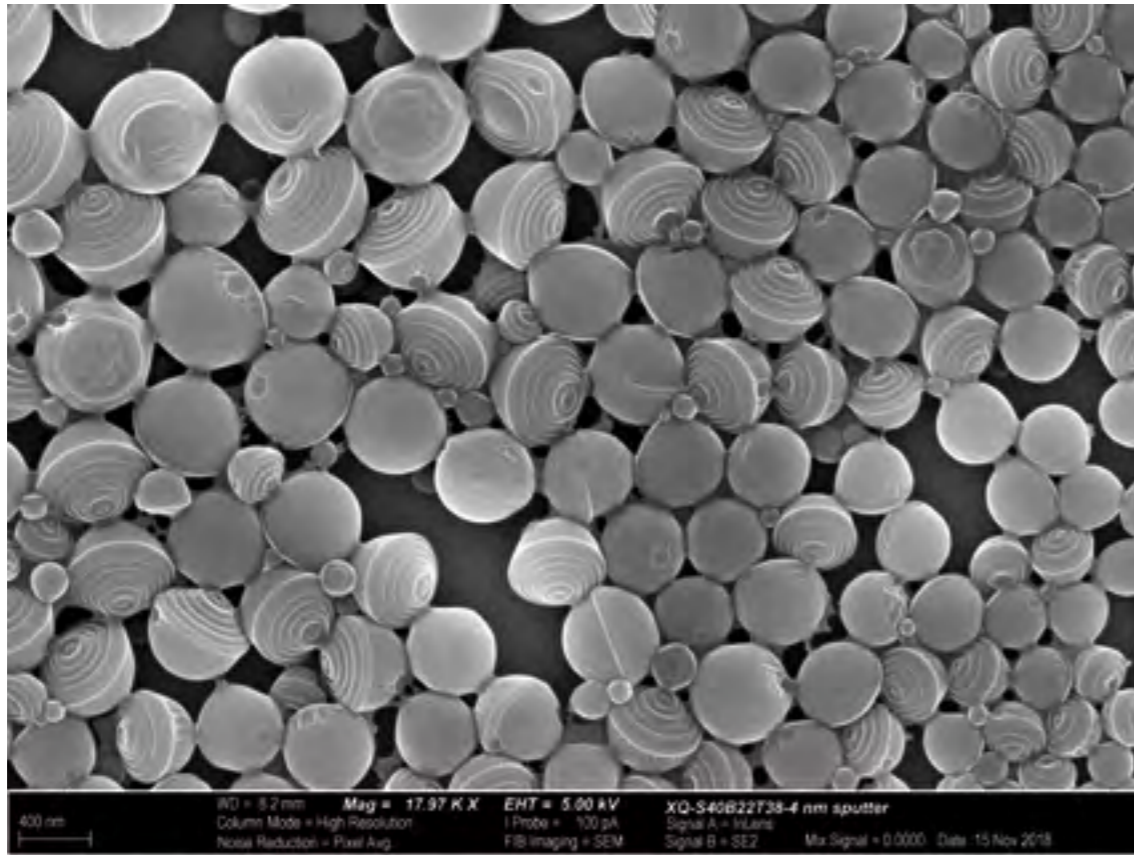
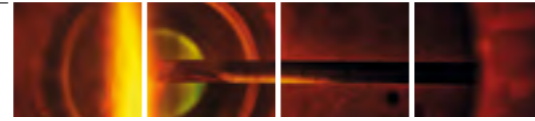
In November 2019, the UDE, together with the TU Darmstadt, succeeded in obtaining funding for the new Collaborative Research Centre/Transregio (CRC/TRR) 270 “HoMMage – Hysteresis Design of Magnetic Materials for Efficient Energy Conversion”. The scientists are working together on new processes for the production of innovative magnetic materials by changing only individual atoms, as well as deforming and reshaping entire workpieces. Artificial intelligence helps to accelerate the search for the most promising material combinations and the discovery of new suitable materials.

One of the research topics is magnetocaloric materials, in which – to put it simply – the temperature of a material can be precisely changed using a magnetic field. In this way, it is possible to run refrigerators and air conditioners quietly, with very low energy consumption and without climate-damaging gases. Researchers are also working on this technology within the Priority Programme (SPP) 1599 “Caloric Effects in Ferroic Materials: New Concepts for Cooling”. In this thematic area, the fusion of basic research and materials research with high application potential forms the basis for close cooperation with industry.

Nanomaterials for health:

Biomaterials are natural or artificial substances that come into contact with biological systems. CENIDE focuses on the study of the interaction between materials, surfaces, particles and macromolecules: from the destruction of pathogens and cancer cells to the formation of self-developing structures. Six CENIDE members play a key role in CRC 1093 “Supramolecular Chemistry of Proteins”. This Collaborative Research Centre applies the latest findings and methods of supramolecular chemistry to achieve specific interactions with proteins using artificial ligands.

For example, a healing-promoting coating of neuronal implants with biocompatible metallic nanoparticles is being developed that also



© Foto: Xiaolian Qiang, CENIDE

Nur wenige Attoliter Fassungsvermögen: Noch ineinander gestapelte Janus-Nanocups aus Polymer, die in den kommenden Schritten vereinzelt werden
Only a few attolitres of capacity: Janus nanocups made of polymer still stacked inside each other, which will be separated in the next steps

Nanomaterialien für die Gesundheit:

Biomaterialien sind natürliche oder künstliche Stoffe, die mit biologischen Systemen in Berührung kommen. CENIDE beschäftigt sich mit der Untersuchung der Wechselwirkung zwischen Materialien, Oberflächen, Partikeln und Makromolekülen: von der Zerstörung von Krankheitserregern und Krebszellen bis hin zur Bildung sich selbst entwickelnder Strukturen. Dabei wirken sechs CENIDE-Mitglieder entscheidend im SFB 1093 „Supramolekulare Chemie an Proteinen“ mit. Dieser Sonderforschungsbereich wendet neueste Erkenntnisse und Methoden der supramolekularen Chemie an, um die spezifische Interaktion mit Proteinen durch künstliche Liganden zu erreichen.

So wird eine heilungsfördernde Beschichtung neuronaler Implantate mit biokompatiblen metallischen Nanopartikeln entwickelt, die zudem die Akzeptanz des körperfremden Materials erhöht.

increases the acceptance of the exogenous material.

The focus of another project is combating multi-resistant pathogens (MRE) with “guided nanorockets”. The “nanorockets” are equipped with antibacterial nanosilver, which they release locally to destroy bacteria while leaving body tissue undamaged.

In contrast, new nanomaterials such as fluorescent calcium phosphate nanoparticles are suitable for cellular microscopic imaging. They can be bound with other molecules via click chemistry and afterwards used for targeting or as therapeutic agents, thus paving the way for multimodal theranostic nanoparticles. At CENIDE, newly developed magnetite-gold-nanohybrids can also be used for theranostics (= therapy + diagnostics). In magnetic resonance imaging, they proved to be superior to commercial contrast agents and also offer a 2-in-1 service: In

Um die Bekämpfung multiresistenter Krankheitserreger (MRE) mit „Guided Nanorockets“ geht es in einem anderen Projekt. Die „Nanoraketen“ sind mit antibakteriellem Nanosilber ausgestattet, das sie lokal freisetzen und damit Bakterien zerstören, Körpergewebe jedoch unbeschädigt lassen.

Neue Nanomaterialien wie fluoreszierende Calciumphosphat-Nanopartikel eignen sich hingegen für zelluläre mikroskopische Aufnahmen. Sie können mit anderen Molekülen über Click-Chemie gebunden werden und dienen so zum Targeting oder als Therapeutikum. So ebnet sie den Weg für multimodale theranostische Nanopartikel. Ebenfalls für die Theranostik (= Therapie + Diagnostik) können bei CENIDE neuentwickelte Magnetit-Gold-Nanohybride verwendet werden. Sie zeigten sich in der Magnetresonanztomographie kommerziellen Kontrastmitteln überlegen und bieten zudem einen 2-in-1-Service: Sie lassen sich zusätzlich zum Fluoreszenzfarbstoff für die Bildgebung noch mit Medikamenten beladen, die ganz gezielt lokal freigesetzt werden können. Darüber hinaus ist es CENIDE-Forscher*innen gelungen, den ersten nanoantibiotikaspezifischen Resistenzmechanismus zu identifizieren und damit eine Erklärung zu geben, warum Nanoantibiotika eine verminderte Aktivität in klinisch relevanten Umgebungen aufweisen.

Nanotechnologie in Energieanwendungen:

Die nachhaltige Bereitstellung nutzbarer Energie und insbesondere deren Speicherung und Umwandlung gehören zu den großen Herausforderungen des 21. Jahrhunderts – CENIDE arbeitet daran. Innerhalb des Forschungsschwerpunktes werden verschiedene Ansätze für nanoskalige Materialien in Bezug auf Batterien, Brennstoffzellen, Photovoltaik, Thermoelektrik und Lichtemitter aus theoretischer, Synthese- und Verarbeitungssicht untersucht. Im Folgenden einige Highlights:

In einer Kooperation mit dem Zentrum für Brennstoffzellentechnik (ZBT) wurden hochreine Nanopartikel per Laserablation erzeugt, die einen direkten Kontakt zum Kohlenstoffträger und damit eine sehr gute Leitfähigkeit ermöglichen. Damit wurde ein Demonstrator einer Protonenaustauschmembran-Brennstoffzelle gebaut

addition to the fluorescent dye for imaging, they can be loaded with drugs that can be released locally and precisely. In addition, CENIDE researchers have succeeded in identifying the first nanoantibiotic-specific resistance mechanism, thus providing an explanation as to why nanoantibiotics exhibit reduced activity in clinically relevant environments.

Nanotechnology in energy applications:

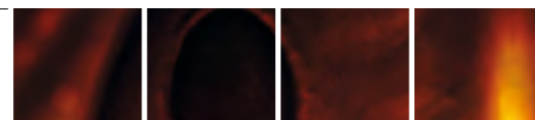
The sustainable provision of usable energy and in particular its storage and conversion are among the major challenges of the 21st century, and CENIDE is working on them. Within this research area, different approaches for nanoscale materials are investigated in relation to batteries, fuel cells, photovoltaics, thermoelectrics and light emitters from a theoretical, synthesis and processing perspective. Here are some highlights.

In cooperation with The hydrogen and fuel cell center ZBT GmbH (ZBT), high-purity nanoparticles were produced by laser ablation, which allow direct contact with the carbon carrier and thus enable very good conductivity. A demonstrator of a proton exchange membrane fuel cell was accordingly built and tested under realistic conditions. Compared to a commercially available reference catalyst, it showed improved catalyst stability and activity.

Graphene generated from the gas phase has also been successfully used to further improve the already excellent performance of gas phase-synthesized silicon nanoparticles for lithium-ion battery anodes. Tests showed that the gas phase graphene significantly improves the long-term stability and efficiency of the composite material compared to pure silicon.

Thermoelectricity plays an important role in energy conversion and the recovery of waste heat. CENIDE’s scientists are investigating new mechanisms for improving the thermoelectrics of transition metal oxides and their heterostructures through powerful computer simulations. The researchers have shown that the transition from metal to insulator in certain perovskite superlattices leads to a greatly improved thermoelectric response.

Light-emitting electrochemical cells (LECs) are promising for large-scale flexible lighting



und unter realistischen Bedingungen getestet. Im Vergleich zu einem kommerziell erhältlichen Referenzkatalysator zeigte er eine verbesserte Katalysatorstabilität und -aktivität.

Auch wurde aus der Gasphase entstandenes Graphen erfolgreich eingesetzt, um die bereits hervorragende Leistung von Gasphasen-synthetisierten Silizium-Nanopartikeln für Lithium-Ionen-Batterieanoden weiter zu verbessern. Tests ergaben, dass das Gasphasengraphen Langzeitstabilität und Effizienz des Verbundwerkstoffs im Vergleich zu reinem Silizium signifikant verbessert.

Thermoelektrizität spielt eine wichtige Rolle bei der Energieumwandlung und der Rückgewinnung von Abwärme. CENIDE-Wissenschaftler*innen erforschen neue Mechanismen zur Verbesserung der Thermoelektrik von Übergangsmetalloxiden und deren Heterostrukturen durch leistungsstarke Computersimulationen. Die Forscher*innen zeigten, dass der Übergang von Metall zu Isolator in bestimmten Perowskit-Übergittern zu einer stark verbesserten thermoelektrischen Reaktion führt.

Lichtemittierende elektrochemische Zellen (LECs) sind vielversprechend für großflächige flexible Beleuchtungslösungen. Allerdings verhindert der Mangel an tiefblauen Strahlern, die gleichzeitig effizient, hell und langzeitstabil sind, die Bildung von weißen, alltagstauglichen LECs. CENIDEs-Forscher*innen ist es erstmals gelungen, QLEC-Bauteile (QLEC = Quantenpunkt-LEC) mit homogener weißer Lichtemission herzustellen.

Auswahl derzeit geförderter koordinierter Projekte

In zahlreichen Kooperationen sowohl innerhalb von CENIDE als auch mit nationalen und internationalen Partnern aus Wissenschaft und Industrie entstehen kontinuierlich wissenschaftliche Veröffentlichungen, neue Patente und kreative Ideen. Daher geben die ausgewählten Projekte nur einen kleinen Einblick in die Forschungsaktivitäten bei CENIDE.

Katalyse:

- Koordination des SFB/TRR 247 „Heterogene Oxidationskatalyse in der Flüssigphase – Materialien und Mechanismen in der thermischen,

solutions. However, the lack of deep blue emitters that are at the same time efficient, bright and stable in the long term is preventing the formation of white LECs suitable for everyday use. CENIDE's researchers have succeeded for the first time in producing QLEC (quantum dot LECs) components with homogeneous white light emission.

Selection of currently funded coordinated projects

In numerous cooperative projects both within CENIDE and with national and international partners from academia and industry, scientific publications, new patents and creative ideas are continuously generated. The selected projects, therefore, give only a small insight into the research activities at CENIDE.

Catalysis:

- Coordination of the CRC/TRR 247 "Heterogeneous Oxidation Catalysis in the Liquid Phase – Materials and Mechanisms in Thermal, Electro- and Photocatalysis" (since 2018), spokesperson: Prof. Malte Behrens
- Participation in the BMBF project "KontiKat – Contamination-Free Production and Processing of Laser-Generated Nanoparticles in a Continuous Process Chain for Heterogeneous Catalysis" (2017–2019)

Dynamic processes in solids:

- Coordination of the CRC 1242 "Non-Equilibrium Dynamics of Condensed Matter in the Time Domain" (since 2016), spokesperson: Prof. Uwe Bovensiepen
- Coordination of the BMBF project "Characterization of Solids" at the Crying in Darmstadt (2019–2022), spokesperson: Prof. Marika Schleberger

Gas phase synthesis of nanomaterials:

- Coordination of the Priority Programme SPP 1980 "Nanoparticle Synthesis in Spray Synthesis: Measurement, Simulation, Processes" (since 2017), spokesperson: Prof. Christof Schulz
- Coordination of the Research Unit FOR 2284 "Model-Based Scalable Gas Phase Synthesis of Complex Nanoparticles" (since 2015, with IUTA), spokesperson: Prof. Christof Schulz

Elektro- und Photokatalyse" (seit 2018), Sprecher: Prof. Malte Behrens

- Beteiligung am BMBF-Projekt „KontiKat – Kontaminationsfreie Herstellung und Aufbereitung lasergenerierter Nanopartikel in einer kontinuierlichen Prozesskette für die heterogene Katalyse“ (2017–2019), Projektleiterin: Prof. Marika Schleberger

Dynamische Prozesse in Festkörpern:

- Koordination des SFB 1242 „Nichtgleichgewichtsdynamik kondensierter Materie in der Zeitdomäne“ (seit 2016), Sprecher: Prof. Uwe Bovensiepen
- Koordination des BMBF-Projekts "Characterization of Solids" am Crying in Darmstadt (2019–2022), Projektleiterin: Dr. Katharina Ollefs

Gasphasensynthese von Nanomaterialien:

- Koordination des SPP 1980 „Nanopartikelsynthese in Sprayflammen SpraySyn: Messung, Simulation, Prozesse“ (seit 2017), Sprecher: Prof. Christof Schulz
- Koordination der FOR 2284 „Modellbasierte skalierbare Gasphasensynthese komplexer Nanopartikel“ (seit 2015, mit IUTA), Sprecher: Prof. Christof Schulz

Magnetische Materialien:

- Maßgebliche Beteiligung am SFB/TRR 270 „HoMMage – Hysterese-Design magnetischer Materialien für effiziente Energieumwandlung“ (2020–2023)
- EU-Twinning-Projekt „MaNaCa – Magnetic Nano Hybrids for Cancer Therapy“ (2019–2022)
- Koordination des BMBF-Projekts „ULMAG – ULtimate MAGnetic Characterization (2019–2022)

Nanomaterialien für die Gesundheit:

- Beteiligung am SFB 1093 „Supramolekulare Chemie an Proteinen“ (seit 2014)

Nanotechnologie in Energieanwendungen:

- EU-Projekt „SAIL PRO – Safe and Amplified Industrial Laser Processing“, Projektleiter: Prof. Stephan Barcikowski (2016–2019)
- BMBF-Projekt NEMEZU „Neue edelmetallfreie Membran-Elektroden-Einheiten für Brennstoffzellen der Zukunft“ (2015–2018)

Ausgewählte Publikationen | Selected Publications

Alkan, B., S. Cychy, S. Varhade, M. Muhler, C. Schulz, W. Schuhmann, H. Wiggers, C. Andronescu (2019): Spray-Flame-Synthesized LaCo_{1-x}FexO₃ Perovskite Nanoparticles as Electrocatalysts for Water and Ethanol Oxidation, *ChemElectroChem* 6, 1.

Chen, J., U. Bovensiepen, A. Eschenlohr, T. Müller, P. Elliott, E.K.U. Gross, J.K. Dewhurst, S. Sharma (2019): Competing Spin Transfer and Dissipation at Co/Cu(001) Interfaces on Femtosecond Timescales. *Phys. Rev. Lett.* 122, 067202.

El Arrassi, A., Z. Liu, M.V. Evers, N. Blanc, G. Bendt, S. Saddeler, D. Tetzlaff, D. Pohl, C. Damm, S. Schulz, K. Tschulik (2019): Intrinsic Activity of Oxygen Evolution Catalysts Probed at Single CoFe₂O₄ Nanoparticles, *Journal of the American Chemical Society* 141, 9197.

Kurzmann, A., P. Stegmann, J. Kerski, R. Schott, A. Ludwig, A.D. Wieck, J. Koenig, A. Lorke, M. Geller (2019): Optical Detection of Single-Electron Tunneling into a Semiconductor Quantum Dot. *Phys. Rev. Lett.* 122, 247403.

Muckel, F., S. Delikanli, P.L. Hernández-Martínez, T. Priesner, S. Lorenz, J. Ackermann, M. Sharma, H.V. Demir, G. Bacher (2018): sp-d Exchange Interaction in Wave Function Engineered Colloidal CdSe/Mn: CdS Hetero-Nanoplatelets. *Nano Letters* 18, 2047.

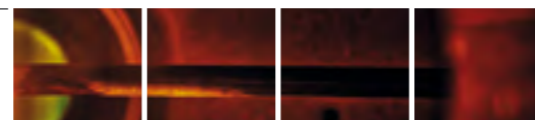
Rosenberger, Th., A. Münzer, D. Kiesler, H. Wiggers, F.E. Kruijs (2018): Ejector-based sampling from low-pressure aerosol reactors. *Journal of Aerosol Science* 123.

Scheibel, F., T. Gottschall, A. Taubel, M. Fries, K.P. Skokov, A. Terwey, W. Keune, K. Ollefs, H. Wende, M. Farle, M. Acet, O. Gutfleisch, M.E. Gruner (2018): Hysteresis Design of Magneto-caloric Materials – From Basic Mechanisms to Applications. *Energy Technol.* 6, 1397.

Siemer, S., D. Westmeier, C. Vallet, J. Steinmann, J. Buer, R.H. Stauber, S.K. Knauer (2019): Breaking resistance to nano-antibiotics by overriding corona-dependent inhibition using a pH-switch. *Materials Today* 26, 19.

Spengler, M., R.Y. Dong, C.A. Michal, W.Y. Hamad, M.J. MacLachlan, M. Giese (2018): Hydrogen-Bonded Liquid Crystals in Confined Spaces – Towards Photonic Hybrid Materials. *Advanced Functional Materials* 28, 26.

Tran, V., B. Walkenfort, M. König, M. Salehi, S. Schlücker (2019): Rapid, Quantitative, and Ultrasensitive Point-of-Care Testing: A Portable SERS Reader for Lateral Flow Assays in Clinical Chemistry. *Angew. Chem. Int. Ed.* 58, 442.



- Beteiligung an der IMPRS on Reactive Structure Analysis for Chemical Reactions (RECHARGE) (2015–2021)
- Beteiligung an der IMPRS for Interface Controlled Materials for Energy Conversion (SURMAT) (2016–2021)

Weitere:

- DFG-Gerätezentrum ICAN „Interdisciplinary Center for Analytics on the Nanoscale“ (2017–2020)
- Koordination der FOR 1993 „Multifunktionale Stoff- und Energiewandlung“ (seit 2013), Sprecher: Prof. Burak Atakan
- Koordination des SPP 2122 “Materials for Laser-based Additive Manufacturing” (seit 2018), Sprecher: Prof. Stephan Barcikowski
- Koordination des BMBF-Projekts „Nanostrukturierte Materialien – Gruppierung hinsichtlich Arbeits-, Verbraucher- und Umweltschutz und Risikominimierung“ (2015–2018), Sprecher: Prof. Thomas Kuhlbusch

Internationales

15 gemeinsame Publikationen, eine Patentanmeldung, acht Workshops und zahlreiche Personenaustausche beidseitig – das ist die bisherige Erfolgsbilanz der Partnerschaft zwischen CENIDE und der Universität Tsukuba (Japan). 2019 wurden sowohl der Kooperationsvertrag als auch die Förderung durch den Deutschen Akademischen Austauschdienst (DAAD) verlängert. Im November 2019 fand bereits das achte gemeinsame Symposium statt. Aber auch mit dem Waterloo Institute for Nanotechnology (WIN) der University of Waterloo in Kanada verbindet CENIDE eine bereits langjährige Zusammenarbeit, die 2018 und 2019 unter anderem in gemeinsame Workshops in Waterloo und Duisburg mündete.

Die Materials Chain International Conference 2018 – ein Profilschwerpunkt der UA Ruhr, der zum erheblichen Teil von CENIDE getragen wird –, das 3. Internationale Symposium zur „Gasphasensynthese funktionaler Nanomaterialien“ im NETZ: Regelmäßig organisieren CENIDE-Wissenschaftler*innen internationale Konferenzen, Workshops und Symposien. Die tägliche Forschungsarbeit ist immer auf internationaler

Magnetic materials:

- Significant participation in the CRC/TRR 270 “HoMMage – Hysteresis Design of Magnetic Materials for Efficient Energy Conversion” (2020–2023),
- EU Twinning Project “MaNaCa – Magnetic Nanohybrids for Cancer Therapy” (2019–2022)
- Coordination of the BMBF project “ULMAG – ULtimate MAGnetic Characterization” (2019–2022) spokesperson: Dr. Katharina Ollefs

Nanomaterials for health:

- Participation in the CRC 1093 “Supramolecular Chemistry of Proteins” (since 2014)

Nanotechnology in energy applications:

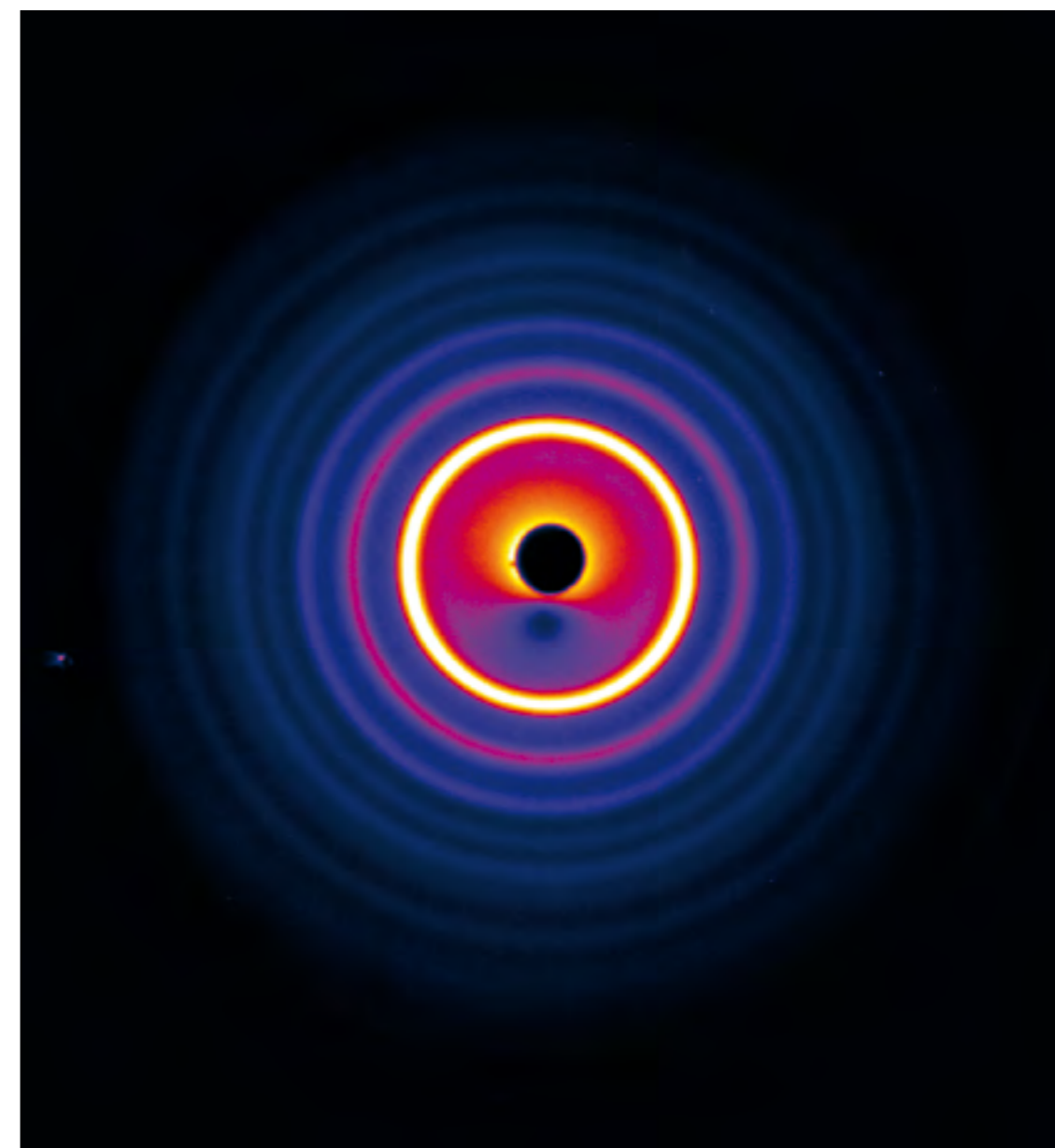
- EU Project “SAIL PRO - Safe and Amplified Industrial Laser PROcessing”, project manager: Prof. Stephan Barcikowski (2016–2019)
- BMBF project NEMEZU “New Non-Precious Metal-Free Membrane Electrode Units for Fuel Cells of the Future” (2015–2018)
- Participation in the IMPRS on Reactive Structure Analysis for Chemical Reactions (RECHARGE) (2015–2021)
- Participation in the IMPRS for Interface Controlled Materials for Energy Conversion (SURMAT) (2016–2021)

More:

- DFG Core Facility ICAN “Interdisciplinary Center for Analytics on the Nanoscale” (2017–2020)
- Coordination of Research Unit FOR 1993 “Multifunctional Material and Energy Conversion” (since 2013), spokesperson: Prof. Burak Atakan
- Coordination of Priority Programme SPP 2122 “Materials for Laser-Based Additive Manufacturing” (since 2018), spokesperson: Prof. Stephan Barcikowski
- Coordination of the BMBF project “Nanostructured Materials – Grouping with Regard to Occupational Safety, Consumer and Environmental Protection and Risk Minimization” (2015–2018), spokesperson: Prof. Thomas Kuhlbusch

International cooperation

15 joint publications, one patent application, eight workshops and numerous exchanges



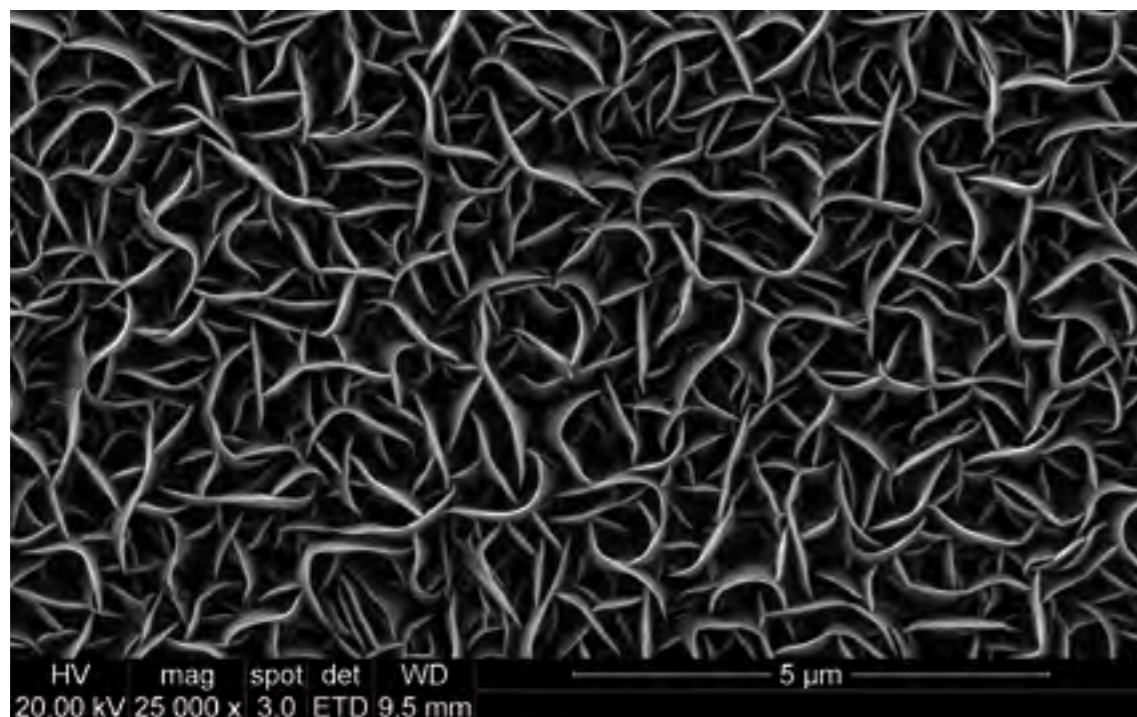
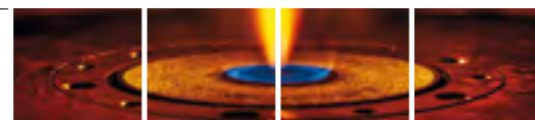
Bei der Untersuchung der Energieübertragung in einem Metall-Isolator-Material ergibt sich dieses Elektronenbeugungsmuster der Probe (Farben nachträglich hinzugefügt).
When studying the energy transfer in a metal insulator material, this electron diffraction pattern of the sample is revealed (colours added later).

© Foto: AG Bovenstiepen/N. Rothenbach et al., Phys Rev. B 100 (2019)

Kooperationsbasis – nur so funktioniert Wissenschaft. Auch der regelmäßige, oftmals mehrmonatige Besuch international renommierter Wissenschaftler*innen bei CENIDE belegt die intensive internationale Zusammenarbeit. Begrüßen durften wir 2018 und 2019 u.a. folgende Gäste:

- Dr. Sergey Cheskis (Tel Aviv University, Israel)
- Prof. Dr. Kyle Daun (University of Waterloo, Kanada)

of personnel on both sides – this is the current track record of the partnership between CENIDE and the University of Tsukuba (Japan). In 2019, both the cooperation agreement and the funding by the German Academic Exchange Service (DAAD) were extended, and in November 2019 the eighth joint symposium was held. But CENIDE also has a long-standing cooperation with the Waterloo Institute for Nanotechnology



Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme des patentierten Katalysatormaterials aus der Plasma-Beschichtungsanlage. Es sind die nur wenige Nanometer dünnen Wände aus Kohlenstoff zu erkennen.
Scanning electron microscope image of the patented catalyst material from the plasma coating system. The carbon walls, which are only a few nanometers thick, can be recognized.

© Foto: Dr. Nicolas Wöhrl, Sebastian Tigges, CENIDE

- Dr. Brian Gierra (Lawrence Livermore National Lab, USA)
- Prof. Dr. Dongdong Gu (Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, China)
- Prof. Dr. Matthias Ihme (Stanford University, USA)
- Dr. Jay Jeffries (Stanford University, USA)
- Prof. Dr. Markus Kraft (University of Cambridge, UK)
- Prof. Dr. Stephan Link (Rice University, USA)
- Prof. Dr. Junji Nakamura (University of Tsukuba, Japan)
- Prof. Dr. Igor Rahinov (Open University of Israel)
- Dr. Greg J. Smallwood (National Research Council, Ottawa/Kanada)
- Prof. Dr. Stephen Tse (Rutgers University, USA)
- Prof. Dr. Hai Wang (Stanford University, USA)
- Prof. Dr. Yohei Yamamoto (University of Tsukuba, Japan)
- Prof. Dr. Qiming Zhang (Pennsylvania State University, USA)

(WIN) of the University of Waterloo in Canada, which led to joint workshops in Waterloo and Duisburg in 2018 and 2019.

CENIDE scientists regularly organize international conferences, workshops and symposia – for example the Materials Chain International Conference 2018 (a profile focus of the UA Ruhr largely supported by CENIDE) and the 3rd International Symposium on “Gas Phase Synthesis of Functional Nanomaterials” in the NETZ. The research work carried out on a daily basis is always based on international cooperation, as this is the only way in which science really works. Regular visits by internationally renowned scientists at CENIDE, often lasting several months, also testify to the intensive international cooperation. In 2018 and 2019 we welcomed, among others, the following guests:

- Dr. Sergey Cheskis (Tel Aviv University, Israel)
- Prof. Dr. Kyle Daun (University of Waterloo, Canada)
- Dr. Brian Gierra (Lawrence Livermore National Lab, USA)

Preise und Auszeichnungen

Die Forschungsleistungen der CENIDE-Mitglieder und ihrer Mitarbeiter*innen sind beeindruckend. Diese vollständig vorzustellen ist nicht möglich, jedoch möchten wir stellvertretend einige Preise und Auszeichnungen hervorheben:

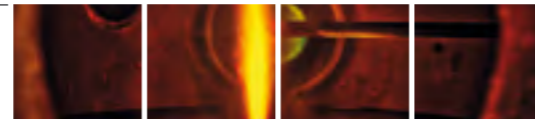
- Dr. Jochen Niemeyer wurde für das Heisenberg-Programm der DFG ausgewählt.
- Prof. Reinhard Zellner wurde am 4. Dezember 2019 mit der Carl-Duisberg-Plakette der GDCh ausgezeichnet.
- Für ihre Forschung zum rechnergestützten Design von Verbundwerkstoffen ist es der Physikerin Dr. Anna Grünebohm gelungen, eine Emmy-Noether-Nachwuchsgruppe einzuwerben, die für sechs Jahre mit über 1,3 Mio. Euro gefördert wird (Grünebohm hat 2019 an die RUB gewechselt).
- Die Göttinger Akademie der Wissenschaften hat Jun.-Prof. André Gröschel mit dem Dannie-Heineman-Preis 2018 ausgezeichnet. Darüber hinaus erhielt er den Reimund-Stadler-Preis 2020 der Fachgruppe „Makromolekulare Chemie“ der GDCh.
- Für seine Pionierleistungen zum inversen magnetokalorischen Effekt ist Dr. Mehmet Acet mit dem prestigeträchtigsten türkischen Wissenschaftspreis, dem Turkish Special Award, ausgezeichnet worden.
- Für ihr außergewöhnliches Engagement und ihre Leistungen in der Lehre sind die drei CENIDE-Mitglieder Jun.-Prof. Michael Giese, Jun.-Prof. Jens Voskuhl und Dr. Jochen Niemeyer mit dem Lehrpreis der UDE ausgezeichnet worden.
- Mit seinen „Nano-Werkstätten“ für Grundschüler konnte Prof. Sebastian Schlücker beim Gründerwettbewerb des small business managements (sbm) der UDE den 3. Platz belegen. Darüber hinaus hat der Chemiker den Dayawati Rastogi Lecture Award 2019 der Indian Spectroscopy Society erhalten.
- Dr. Jochen Niemeyer erhielt den Thieme Chemistry Journal Award 2018 für innovative Arbeiten auf dem Gebiet der organischen Synthese und Katalysatorforschung.
- Dr. Franziska Muckel wird vom DAAD mit dem Förderprogramm „Postdoctoral Researchers International Mobility Experience“ (P.R.I.M.E.) unterstützt. Die Förderung umfasst

- Prof. Dongdong Gu (Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, China)
- Prof. Dr. Matthias Ihme (Stanford University, USA)
- Dr. Jay Jeffries (Stanford University, USA)
- Prof. Dr. Markus Kraft (University of Cambridge, UK)
- Prof. Dr. Stephan Link (Rice University, USA)
- Prof. Dr. Junji Nakamura (University of Tsukuba, Japan)
- Prof. Dr. Igor Rahinov (Open University of Israel)
- Dr. Greg J. Smallwood (National Research Council, Ottawa/Canada)
- Prof. Dr. Stephen Tse (Rutgers University, USA)
- Prof. Dr. Hai Wang (Stanford University, USA)
- Prof. Dr. Yohei Yamamoto (University of Tsukuba, Japan)
- Prof. Dr. Qiming Zhang (Pennsylvania State University, USA)

Awards and distinctions

The research achievements of CENIDE members and their staff are impressive. It is impossible to list these in full, but we would like to highlight a few Awards and distinctions.

- Dr. Jochen Niemeyer was selected for the DFG's Heisenberg Programme.
- On December 4, 2019, Prof. Reinhard Zellner was awarded the Carl Duisberg Plaque of the German Chemical Society (GDCh).
- For her research on the computer-aided design of composite materials, physicist Dr. Anna Grünebohm has succeeded in securing funding for an Emmy Noether Junior research group, with over €1.3 million to be provided over six years (Dr. Grünebohm transferred to RUB in 2019).
- The Göttingen Academy of Sciences and Humanities awarded Jun. Prof. André Gröschel the Dannie Heineman Prize 2018. In addition, he received the Reimund Stadler Prize 2020 of the Macromolecular Chemistry division of the GDCh.
- For his pioneering work on the inverse magnetocaloric effect, Dr. Mehmet Acet has been awarded the prestigious science prize, the Turkish Special Award.
- The three CENIDE members Jun. Prof. Michael Giese, Jun. Prof. Jens Voskuhl and Dr. Jochen Niemeyer have been awarded the UDE



eine 12-monatige Auslandsphase und eine sechsmonatige Integrationsphase an einer deutschen Hochschule während der Postdoc-Zeit.

- Prof. Michael Farle ist zum „Adjunct Professor“ der Physik an der Sharif University in Teheran (Iran) ernannt worden.
- Dr. Sven Reichenberger wurde mit dem ALTANA young chemist prize ausgezeichnet.
- Der Fojtik-Henglein-Preis 2018 wurde an Dr. Bilal Gökce für seine Arbeit zur laserbasierten Nanopartikelsynthese verliehen.
- Sie war früher fertig als üblich und ihre Abschlussprüfung gehört zu den besten ihres Jahrgangs: Iljana Stemmer hat am Interdisciplinary Center for Analytics on the Nanoscale (ICAN) im NanoEnergieTechnikZentrum ihre Ausbildung zur Werkstoffprüferin abgeschlossen. Darüber hinaus wurden zahlreiche Absolvent*innen für ihre Bachelor-, Master- und Doktorarbeiten ausgezeichnet.

Transfer und Nachhaltigkeit

Die Entwicklung und Erforschung nachhaltiger Technologien und Materialien steht bei vielen Arbeitsgruppen und Themen von CENIDE im Mittelpunkt. Transfer und Nachhaltigkeit zu fördern, ist daher eine Schlüsselkomponente. Einige Projekte haben zudem ausdrücklich die Verbreitung wissenschaftlicher Arbeitsweise und Werte zum Inhalt. Im Folgenden einige Beispiele für Ausgründungen, Patente, nachhaltige Technologien & Co:

Bereits Marktreife hat die Entwicklung der beiden Physiker Dr. Nicolas Wöhrle und Sebastian Tigges: Sie haben ein Verfahren zum Patent angemeldet, das in einem einzigen Schritt hochaktives und langzeitstabiles Katalysatormaterial entstehen lässt.

Der Chemiker Prof. Sebastian Schlücker gewann für sein Projekt „NanoWerkstätten“ einen der Förderpreise beim Gründerwettbewerb small business management (sbm) der Universität Duisburg-Essen. Die NanoWerkstätten bieten eigens entwickelte Experimente und Lernmaterialien für Grundschulen zur frühen MINT-Förderung an.

Das Start-up HSWmaterials GmbH hat Dr.-Ing. Sebastian Hardt 2017 aus dem NanoEnergieTechnikZentrum (NETZ) ausgegründet:

Teaching Prize for their extraordinary commitment and their achievements in teaching.

- For his “nano workshops” for primary school children, Prof. Sebastian Schlücker was awarded 3rd prize in UD’s small business management (sbm) start-up contest. The chemist was also the recipient of the Indian Spectroscopy Society’s Dayawati Rastogi Lecture Award 2019.
- Dr. Jochen Niemeyer received the Thieme Chemistry Journal Award 2018 for his innovative work in the field of organic synthesis and catalysis research.
- Dr. Franziska Muckel is being supported by the DAAD funding programme “Postdoctoral Researchers International Mobility Experience” (P.R.I.M.E.). The support includes a 12-month period abroad and a six-month integration phase at a German university during the post-doc period.
- Prof. Michael Farle has been appointed Adjunct Professor of Physics at Sharif University in Tehran (Iran).
- Dr. Sven Reichenberger was awarded the ALTANA Young Chemist Prize.
- The Fojtik-Henglein Prize 2018 was awarded to Dr. Bilal Gökce for his work on laser-based nanoparticle synthesis.
- Iljana Stemmer completed her training as a materials tester at the Interdisciplinary Center for Analytics on the Nanoscale (ICAN) in the NanoEnergieTechnikZentrum. She qualified faster than is usually the case, and the result of her final examination was among the best of her year.

In addition, numerous graduates were awarded for their bachelor, master and doctoral theses.

Transfer and sustainability

The development and research of sustainable technologies and materials is the focus of many working groups and topics at CENIDE. Promoting transfer and sustainability therefore plays a crucial role. Some projects also explicitly aim at disseminating scientific methods and values. Below are some examples of spin-offs, patents, sustainable technologies, etc.

The innovation produced by the two physicists Dr. Nicolas Wöhrle and Sebastian Tigges is already ready for the market. They have applied for a

Hier stellt er „massenweise Unikate“ her – nach Kundenwunsch maßgeschneiderte Nanopartikel – oder konstruiert gleich selbst die Anlagen zu deren Herstellung. Hardt wurde 2018 sowohl mit dem Gründerpreis der Wirtschaftsförderung Krefeld als auch mit dem Marketingpreis Kevelaer bedacht.

Gleich in zwei Start-ups und eine neue Technologie mündete das Projekt „DruIDE“ der Professoren aus den Ingenieurwissenschaften Niels Benson, Thomas Kaiser, Roland Schmechel und Daniel Erni. Chiplose Funketiketten aus Nanosilizium, das sie aus dem NETZ und dem Institut für Energie und Umwelttechnik (IUTA) beziehen, lassen sich direkt aufdrucken und per Laser zur elektronischen Schaltung verarbeiten – kein Barcode ist mehr nötig, den man einzeln ablesen muss.

Die Arbeitsgruppe von Prof. Jochen Gutmann und das Deutsche Textilforschungszentrum Nord-West entwickelten gemeinsam ein Textil, das es ermöglicht, Edelmetalle aus Lösungen herauszufiltern und zu recyceln. Diese besondere Kooperation würdigte das Land NRW 2018 mit dem jährlich vergebenen Effizienzpreis NRW. Julia Frohleiks vom Lehrstuhl für Werkstoffe der Elektrotechnik forscht ebenfalls erfolgreich an nachhaltigen Technologien: Sie entwickelte besonders für den alltäglichen Einsatz geeignete Leuchtmittel aus Halbleiterquantenpunkten und lichtemittierenden elektrochemischen Zellen (LECs) und bekam dafür unter anderem den Photonics Poster Preis 2018 der American Chemical Society (ACS). Um Nachhaltigkeit anderer Art ging es in dem im Juni 2018 abgeschlossenen Projekt „nanoGRAVUR – Nanostrukturierte Materialien – Gruppierung hinsichtlich Arbeits-, Verbraucher- und Umweltschutz und Risikominimierung“: Hier wurden Kriterienkataloge entwickelt, um Nanomaterialien in Hinblick auf Expositions-, Gefährdungs- und Risikopotenziale zu bewerten und zu gruppieren.

Der Kontakt zur Industrie ist hingegen das zentrale Thema beim 5. und 6. RuhrSymposium gemeinsam mit dem CAR-Institut: CEOs großer Unternehmen und Experten aus der Wissenschaft treffen sich zum Austausch über jährlich wechselnde Aspekte künftiger Mobilität.

Jugendliche stehen wiederum im Mittelpunkt des von CENIDE mitorganisierten

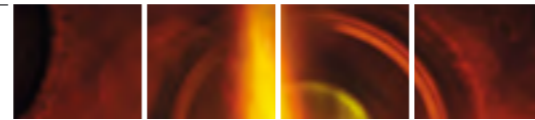
patent for a process that produces highly active and long-term stable catalyst material in a single step.

Chemist Prof. Sebastian Schlücker won one of the sponsorship prizes in the small business management (sbm) start-up competition organised by the University of Duisburg-Essen for his project “NanoWorkshops”. The NanoWorkshops provide specially developed experiments and learning materials to primary schools for early STEM promotion.

The start-up company HSWmaterials GmbH was founded by Dr.-Ing. Sebastian Hardt in 2017 as a spin-off of the NanoEnergieTechnikZentrum (NETZ). Within it he produces “large numbers of one-offs” – nanoparticles tailored to customer requirements – or designs the systems for their production himself. In 2018, Hardt was awarded both the Start-Up Prize of the Krefeld Economic Development Agency and the Kevelaer Marketing Prize.

The “DruIDE” project by professors of engineering Niels Benson, Thomas Kaiser, Roland Schmechel and Daniel Erni resulted in two start-ups and a new technology. Chip-less radio labels made of nanosilicon, which they obtain from NETZ and the Institute for Energy and Environmental Technology (IUTA), can be printed directly and processed by laser to form an electronic circuit. An individually readable barcode is no longer needed.

The working group of Prof. Jochen Gutmann and the German Textile Research Centre North-West jointly developed a textile that enables precious metals to be filtered out of solutions and recycled. In 2018, the state of North Rhine-Westphalia honoured this special cooperation with the annual NRW Efficiency Prize. Julia Frohleiks from the Chair of Electronic Materials and Nanostructures is also successfully researching sustainable technologies. She has developed luminaires made of semiconductor quantum dots and light-emitting electrochemical cells (LECs) that are particularly suitable for everyday use, and for this has been awarded, among other prizes, the Photonics Poster Prize 2018 of the American Chemical Society (ACS). The project entitled “nanoGRAVUR – Nanostructured Materials – Grouping with Regard to Occupational Safety, Consumer and



Nano-Schülerlabors, in dem Schüler*innen erstmals in Kontakt mit Methoden und Experimenten aus der Nanotechnologie kommen. So interessiert CENIDE bereits junge Menschen für die MINT-Fächer und führt dieses Angebot konsequent mit dem Bachelor-/Master-Studiengang „NanoEngineering“ fort. Für alle Altersklassen offen ist hingegen die alle zwei Jahre stattfindende WissensNachtRuhr, an der das NETZ von Anfang an sehr erfolgreich teilnimmt und seine Labortüren für Interessierte öffnet.

Und schließlich noch ein Transfer ganz anderer Art: Für eine Ruhrgebiets-Ausstellung nahm der berühmte Fotograf und Jazz-Trompeter Till Brönner NETZ-Labore, -Geräte und -Forschende vor die Linse. Als Teil der Ausstellung „Melting Pott“ waren die Bilder von Juli bis Oktober 2019 im Duisburger Museum Küppersmühle zu sehen.

Ausblick

Die Wissenschaftler*innen in CENIDE bilden ein interdisziplinäres Netzwerk kreativer Köpfe, das die fächerübergreifende Zusammenarbeit fördert und hilft, die Lücke zwischen akademischer Grundlagenforschung und industrieller Umsetzung zu überbrücken. Unsere Vision: CENIDE ist international anerkannt für hochmoderne Materialforschung und -entwicklung. Seine Mitglieder nutzen ihr fundamentales Verständnis der Nanoskala, um nachhaltige Lösungen für die großen gesellschaftlichen Herausforderungen in den Bereichen Energie, Informationstechnologie und Gesundheit zu entwickeln.

Dabei haben sich für die nahe und mittelfristige Zukunft die weiter vorn vorgestellten sechs Forschungsschwerpunkte herauskristallisiert.

Die mehrtägige wissenschaftliche CENIDE-Konferenz im März 2020 in Bergisch Gladbach war nur eine von vielen Gelegenheiten, das interdisziplinäre Netzwerk weiter zu stärken. Einen Einblick in unser Know-how werden wir zudem auf der 9. Nanokonferenz am 21./22. April 2021 in Münster geben.

Ein Bestandteil unseres Selbstverständnisses ist es, Erkenntnisse aus der Forschung durch interdisziplinäre Zusammenarbeit und durch Kooperationen mit Partnern aus der Industrie zu neuartigen Anwendungen zu führen. Daher

Environmental Protection and Risk Minimization“, completed in June 2018, focused on sustainability of a different kind. Here, criteria catalogues have been developed to assess and group nanomaterials with regard to exposure, hazard and risk potential.

Contact with industry, on the other hand, is the core theme of the 5th and 6th RuhrSymposium together with the CAR Institute: CEOs of large companies and experts from science meet to exchange views on annually changing aspects of functional materials.

The focus of the Nano Student Laboratory, co-organized by CENIDE, is on young people. In it, schoolchildren come into contact with nanotechnological methods and experiments for the first time. In this way CENIDE attracts young people to the MINT subjects, and is pursuing this aim further with the “NanoEngineering” bachelor’s/master’s degree course. The biennial WissensNachtRuhr on the other hand, in which NETZ has participated very successfully from the outset and which sees it open its laboratory doors to interested parties, is open to all age groups.

And finally, a transfer of a completely different kind: For an exhibition in the Ruhr area, the well-known photographer and jazz trumpeter Till Brönner photographed the NETZ laboratories, equipment and researchers. The photos were on display from July to October 2019 at the Küppersmühle Museum in Duisburg as part of the “Melting Pott” exhibition.

Outlook

The researchers in CENIDE form an interdisciplinary network of creative minds that fosters collaboration across disciplines, bridging the gap between fundamental academic research and industrial implementation. Our vision is for CENIDE to be internationally recognized for state-of-the-art materials research and development, and for its members to use their fundamental understanding of the nanoscale to develop sustainable solutions for the major societal challenges in the fields of energy, information technology and health.

The six research priorities presented above have been identified for the near and medium-term future.

laden wir auch im November 2020 anlässlich des 7. RUHR-Symposiums zum Thema „Katalyse“ erneut Größen aus internationalen Unternehmen und Forschungseinrichtungen an den Campus Duisburg ein. Forschung an neuen Materialien und deren Weiterverarbeitung für energietechnische Anwendungen steht hingegen vom 25. bis 26. Februar 2021 im Mittelpunkt der internationalen Konferenz des Profilschwerpunktes „Materials Chain“ der Universitätsallianz Ruhr, an dem CENIDE maßgeblich beteiligt ist.

The scientific CENIDE conference in March 2020 in Bergisch Gladbach, was just one of many opportunities to further reinforce the interdisciplinary network. We will also provide an insight into our expertise at the 9th Nano-Conference on April 21–22, 2021 in Münster.

One of our core aims is to transform research findings into new applications through interdisciplinary collaboration and cooperation with partners from industry. For this reason, we are again inviting major international companies and research institutions to the Duisburg campus in November 2020 for the 7th RUHR Symposium on the topic of “Catalysis”. The focus of the „Materials Chain“ international conference organized by the University Alliance Ruhr from February 25 to 26, 2021 and in which CENIDE is significantly involved, in contrast will be on materials discovery and processing for energy.

Kontakt | Contact

Nanowissenschaften

Wissenschaftlicher Direktor
Prof. Dr. Heiko Wende

☎ +49 203 37 2838
@ heiko.wende@uni-due.de

Geschäftsführung
Dr. Tobias Teckentrup

☎ +49 203 379 8178
@ tobias.teckentrup@uni-due.de

CENIDE-Geschäftsstelle
NanoEnergieTechnikZentrum NETZ
Carl-Benz-Straße 199
D-47057 Duisburg

🌐 www.cenide.de

