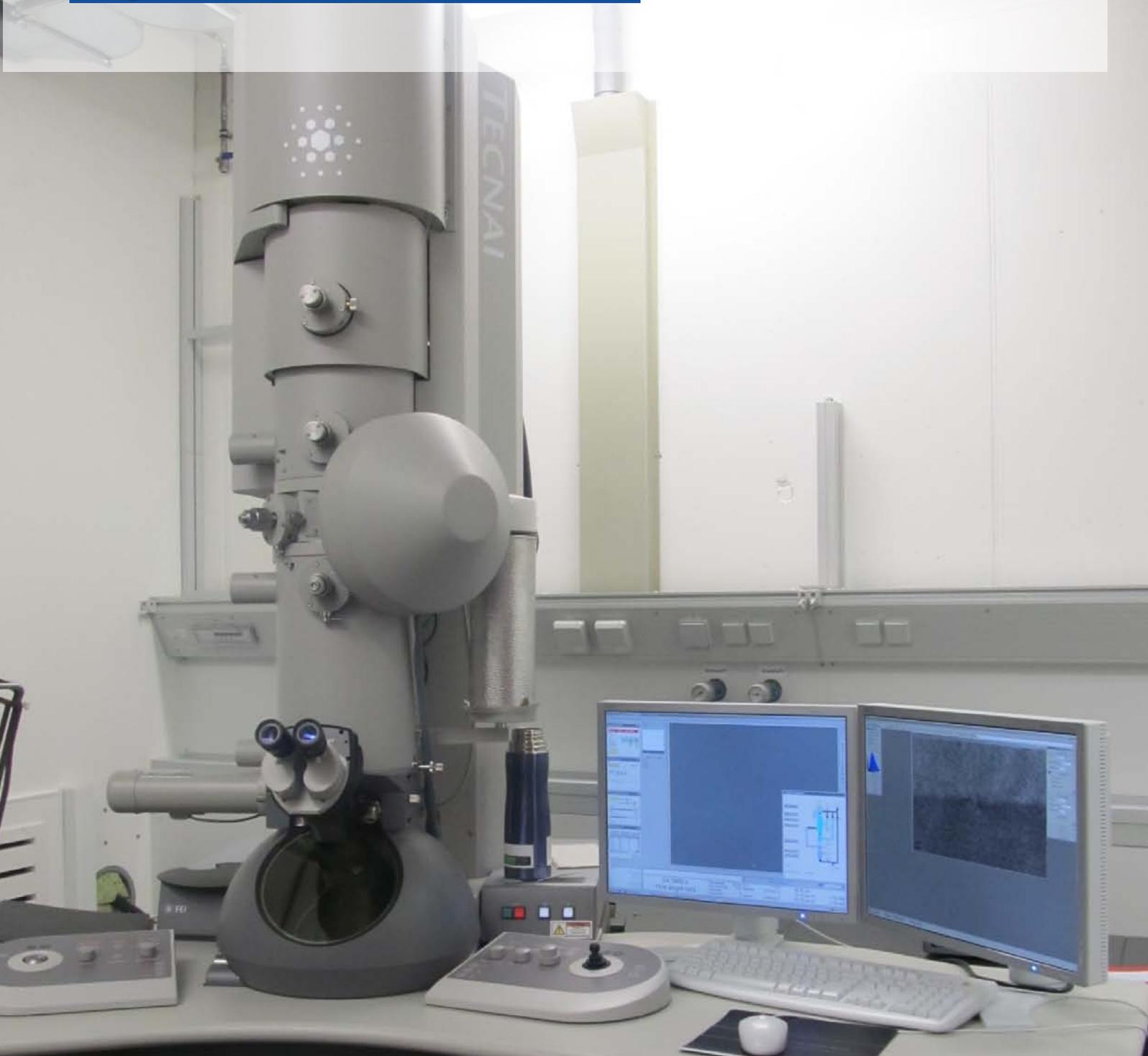




Laboratorium für  
Nano- und Quantenengineering

11  
102  
1004

Leibniz  
Universität  
Hannover



**Jahresbericht 2012**  
Laboratorium für Nano- und Quantenengineering

**Annual Report 2012**  
Laboratory of Nano and Quantum Engineering

## Seite| Inhalt

*Page | Content*

- 3 | Grußworte  
*Greetings*
- 4 | Ziel des Laboratoriums  
*Goals of the Laboratory*
- 6 | Forschung  
*Research*
- 10 | Mitglieder  
*Members*
- 20 | Aktuell in 2012  
*News in 2012*
- 25 | Pressespiegel  
*Press Review*
- 26 | NanoDay 2012  
*NanoDay 2012*
- 30 | Termine in 2012  
*Dates in 2012*
- 31 | Forschungsbau  
*Research building*
- 40 | Studiengang Nanotechnologie  
*Study Course Nanotechnology*

## Impressum

### *Imprint*

Herausgeber/*Editor*:

Laboratorium für  
Nano- und Quantenengineering  
Leibniz Universität Hannover  
Schneiderberg 39  
30167 Hannover  
Germany  
[www.LNQE.uni-hannover.de](http://www.LNQE.uni-hannover.de)

Verantwortlich/*Responsible*:

Fritz Schulze Wischeler

Druck/*Print*:

Druck Team Druckgesellschaft mbH,  
Hannover

## Liebe Leserin, lieber Leser,

das Jahr 2012 war voller interessanter und unterhaltsamer Veranstaltungen und Vorträge. Ein Highlight war ein Gastvortrag des Nobelpreisträgers Klaus von Klitzing in unserem Forschungsbau zum Thema „korrelierte Elektronen in Quanten-Hall-Systemen“. In der „Nacht, die Wissen schafft“ stellte das Laboratorium für Nano- und Quantenengineering das Thema „Nanoengineering – Wie kleinste Strukturen entstehen“ insgesamt über 100 interessierten Mitbürgerinnen und Mitbürgern vor. Wie in den Jahren zuvor fand wieder unser ganztägiger Workshop Nanoday mit Vorträgen und einer Postersitzung statt, diesmal bereits zum achten Mal.

Im Sommer 2012 wurde unser neues Transmissionselektronenmikroskop geliefert. Hiermit werden Auflösungen im 0,1 Nanometerbereich erzielt, womit es möglich ist, in kristallinen Proben die Anordnungen einzelner Atome abzubilden. Das neue Großgerät erweitert unsere diagnostischen Möglichkeiten zur Analyse von Nanostrukturen im Forschungsbau am Schneiderberg entscheidend.

Im Herbst 2012 wurde unser Konzept für eine „Hanover School for Nanotechnology“ als Niedersächsisches Promotionsprogramms bewilligt. Das Ziel des Promotionsprogrammes ist die interdisziplinäre Ausbildung von jungen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern in Nanotechnologie, fokussiert auf Nanoengineering und Nanomaterialien mit dem Schwerpunkt Wandlung, Speicherung und Transport von Energie. Eine Besonderheit des Promotionsprogramms ist die enge Zusammenarbeit mit der Hochschule Hannover. Bewilligt wurden fünfzehn Stipendien und Sachmittel, die gesamte Förderungsumme beträgt 1.000.000,- Euro für einen Zeitraum von vier Jahren.

Viele Spaß beim Lesen!

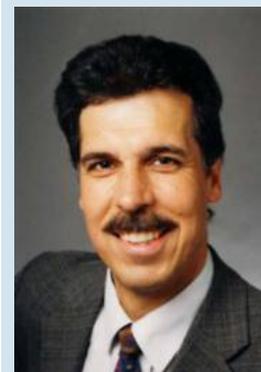
## Dear Reader,

*the year 2012 was full of interesting and enjoyable events and lectures. A highlight was a guest lecture by Nobel Prize winner Klaus von Klitzing in our research building on “correlated electrons in quantum Hall systems”. In “a night out with science” the Laboratory of Nano and Quantum Engineering presented the topic “Nanoengineering - How the smallest structures are created” to more than 100 interested fellow citizens. As in previous years, our full-day workshop Nanoday with lectures and a poster session took place, this time for the eighth time.*

*In the summer of 2012, our new transmission electron microscope was delivered. With this microscope resolutions in the 0.1 nanometer range can be obtained, thus it is possible to observe the arrangement of individual atoms in crystalline sample. The new large-scale facility expands our diagnostic capabilities for the analysis of nanostructures in the research building on Schneiderberg crucial.*

*In autumn 2012, our concept for a “Hanover School for Nanotechnology” was granted as a Lower Saxony PhD-programme. The aim of the doctoral program is interdisciplinary training of young scientists in nanotechnology, focused on nano-engineering and nano materials with a emphasis on conversion, storage and transport of energy. A special feature of the doctoral program is the close cooperation with the Hochschule Hannover. Fifteen scholarships and material resources are granted, the total grant amounts to 1.000.000, - Euro for a period of four years.*

*Happy reading!*



Prof. Dr. Rolf J. Haug  
- Sprecher des Vorstandes -  
- Speaker of the executive board -

## Ziele des Laboratoriums

### Goals of the Laboratory



LNQE-Forschungsbau am  
Schneiderberg 39, 301617 Han-  
nover, Deutschland  
*LNQE Research building at Sch-  
neiderberg 39, 30167 Hannover,  
Germany.*

Die Synthese und Kontrolle von Materialien auf Größenskalen im Mikro- bis Nanobereich liefert den Zugang zu völlig neuartigen Material- und Systemeigenschaften. Auf diesen Skalen treten Quanteneffekte in Erscheinung, in denen ein noch weitgehend unausgeschöpftes Potenzial an revolutionären, neuartigen Funktionalitäten liegt. Die kontrollierte Manipulation und Beherrschung solcher Materialien und Funktionalitäten erfordert neuartige Werkzeuge. Die Forschung von Naturwissenschaftlern und Ingenieuren fließt bei diesen Strukturgrößen zusammen und setzt so synergetisch Ressourcen frei. Hieraus entwickeln sich völlig neue, nanotechnologische Bauelemente.

Für die dazu erforderliche interdisziplinäre Forschung findet sich im Laboratorium für Nano- und Quantenengineering eine Basis. Hierzu wird in einer breiten Anstrengung das Know-how verschiedener Fachgebiete fokussiert und gebündelt, um aufbauend auf zielgerichteter Grundlagenforschung neue Anwendungsfelder zu erschließen und die Nanotechnologie wirtschaftlich zu nutzen.

Zweck des LNQE ist die selbstlose Förderung der angewandten Forschung auf dem Gebiet mesoskopischer Systeme im Mikro- und Nanobereich. In diesem Rahmen führt die Einrichtung Forschungsvorhaben in interdisziplinärer Zusammenarbeit durch. Deren Ergebnisse macht die Einrichtung der interessierten Öffentlichkeit in geeigneter Form zugänglich.

*Synthesis and control of materials on the micro and nanometer scale gives access to all new material and system properties. On this scale quantum effects appear which have the potential to provide revolutionary capabilities. The manipulation and control of such materials needs new tools. The development of structures on such small scales causes the merger of the research of scientists and engineers. This promotes collaboration and hence the sharing of resources, which leads to new solutions for nanotechnology devices.*

*The Laboratory of Nano and Quantum Engineering provides a base for such essential interdisciplinary research. The know-how of different fields will be focused together to develop new areas of application based on targeted basic research and to utilize nanotechnology economically.*

*The aim of the LNQE is the selfless promotion of applied research in the field of mesoscopic systems on the micro and nano-scale. Within this scope, the organization undertakes research projects in interdisciplinary cooperation and makes the results available to the interested public in a suitable form.*

*The main task of the organization is basic research in mesoscopic scales and transfer of knowledge into practical application, particularly in the major fields of nanomaterials, mechanics / magnetics, nanoelectronics, optics, quantum systems. A further aim is the education and promotion of young researchers in these fields.*

#### Leibniz Forschungszentrum LNQE

Zur Förderung interdisziplinärer Forschung gibt es in der Leibniz Universität Hannover hochschulintern eine innovative Organisationsstruktur, welches untergliedert ist in interdisziplinär ausgerichteten Leibniz Forschungsinitiativen, Leibniz Forschungszentren und die Leibniz Forschungsschulen, in denen hoch relevante Schwerpunktthemen fach- und fakultätsübergreifend bearbeitet werden. Das LNQE ist eine von zurzeit sechs Einrichtungen, die als Leibniz Forschungszentrum eingestuft sind.

Aufgabe der Einrichtung ist die Grundlagenforschung in mesoskopischen Größenskalen und deren Umsetzung in praktische Anwendung, insbesondere in den Schwerpunktfachgebieten Nanomaterialien, Mechanik/Magnetik, Nanoelektronik, Optik, Quantensysteme sowie Ausbildung und Nachwuchsförderung auf diesen Gebieten.

Hierbei hat die Einrichtung insbesondere

- Forschungs- und Entwicklungsvorhaben durchzuführen, die sich auf die Erschließung neuer oder die Verbesserung bereits bekannter Anwendungsmöglichkeiten für Mikro- und Nanotechnik richten;
- Für die praktische Anwendung wissenschaftlicher Erkenntnisse zu sorgen und Kräfte der angewandten Forschung und der Praxis zusammenzuführen;
- Aus- und Fortbildungstätigkeit zu leisten und Hilfseinrichtungen für die wissenschaftliche Arbeit und deren Auswertung in der angewandten Forschung zu betreiben;
- Die interdisziplinäre Zusammenarbeit der einzelnen Mitglieder zu fördern und zu verbessern, insbesondere durch die Einrichtung eines gemeinsamen Pools von Verfahrens- bzw. Diagnostiktechniken, der den einzelnen Mitgliedern zur Verfügung steht;
- Bei Erfüllung der ordnungsgemäßen Aufgaben der Einrichtung mit anderen Forschungseinrichtungen des In- und Auslands zusammenzuarbeiten.

Zur Verwirklichung seiner Zwecke und Aufgaben betreibt das Laboratorium für Nano- und Quantenengineering ein eigenes Gebäude in Hannover mit Laboren, Geräten etc. und insbesondere Reinräumen.

*To primary strategies employed to achieve these goals are;*

- *Execute research and development which is directed to open up new applications or improve already known applications for micro- and nano-scale techniques.*
- *Arrange for practical application of scientific findings and to bring together the forces of applied research and practice.*
- *Give education and training and to operate auxiliary facilities for the scientific work and its realization in applied research.*
- *Promote and improve the interdisciplinary cooperation of its individual members, in particular by implementing a shared pool of processing and diagnostic techniques, which is accessible by the individual members.*
- *Cooperate with other research centers, both in Germany and abroad.*

*To realize its mission the Laboratory of Nano and Quantum Engineering runs its own building in Hanover hosting labs, equipment, etc. and in particular clean room facilities.*



Die Nacht, die Wissen schafft - Im LNQE am 10. November 2012.  
*A Night out with Science - In LNQE on 10th November 2012.*

#### **Leibniz Research Center LNQE**

*Leibniz Universität Hannover has set up its own innovative organizational structure to promote interdisciplinary research, consisting of Leibniz Research Initiatives, Leibniz Research Centers and Leibniz Research Schools. The system enables scientists to pursue cutting-edge research across traditional subject and faculty boundaries. The LNQE is one of six facilities currently ranked as a Leibniz Research Center.*

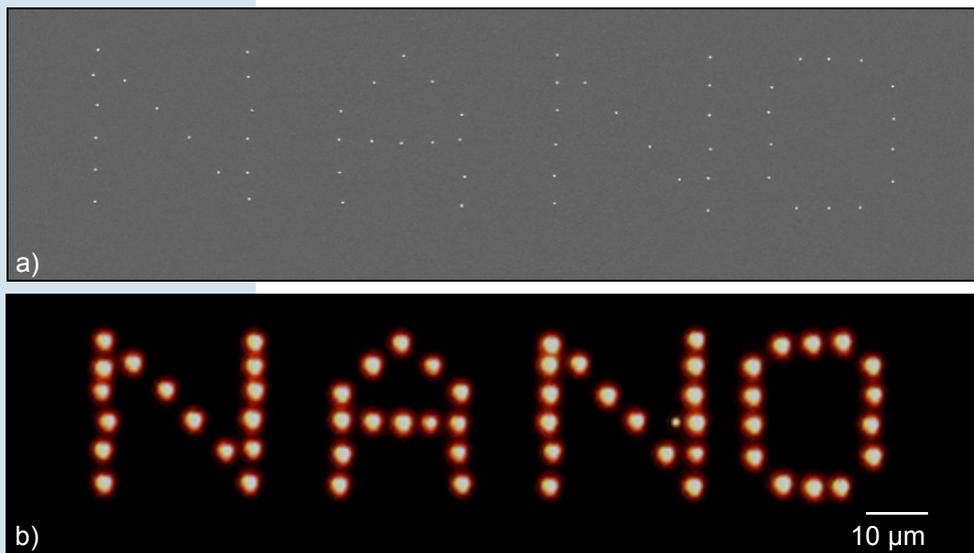
## Forschung Research

Der Sammelbegriff Nanotechnologie beschreibt die Erforschung und Manipulation von Dingen auf kleinsten Dimensionen. Generell beschäftigt sich die Nanotechnologie mit Strukturen im Größenbereich von 1-100 Nanometer in mindestens einer Raumrichtung. 100 Nanometer sind in etwa ein Tausendstel des Durchmessers eines normalen menschlichen Haares. Bei diesen kleinen Abmessungen treten Oberflächeneigenschaften gegenüber den Volumeneigenschaften der Materialien immer mehr in den Vordergrund und darüber hinaus müssen oft quantenphysikalische Effekte berücksichtigt werden. Nanotechnologie ist also die Technologie der kleinen Dinge mit neuen Eigenschaften und Funktionalitäten.

Nanoengineering ist das Engineering auf der Nanoskala, also das gezielte künstliche Herstellen von Strukturen der Nanotechnologie wie zum Beispiel winzigster Transistoren auf Computerchips. Der mit dem Nanoengineering eng verwandte Begriff Quantenengineering zielt auf die Erzeugung und Manipulation eines

*The collective term nanotechnology describes the study and manipulation of objects at the smallest sizes. In general, nanotechnology deals with structures ranging in size from 1-100 nanometers in at least one spatial direction. 100 nanometers are roughly one-thousandth of the diameter of a normal human hair. With these small dimensions surface properties come to the forefront compared with the bulk properties of materials and often quantum effects must be considered. Nanotechnology is the technology of small things with new features and functionalities.*

*Nano engineering is engineering on the nanoscale, i. e. the selective artificial fabrication of nanotechnology structures such as tiny transistors on computer chips. The closely related term, quantum engineering, aims to produce and manipulate a defined quantum state, such as the realization of a Bose-Einstein condensate or an electronic device with controllable electron spin. The size of such systems is also often in the nanometer range.*



- a) SEM-Bild von auf einem Glassubstrat abgeschiedenen Gold-Nanopartikeln.  
 b) Die gleichen Gold-Nanopartikel beobachtet mit Dunkelfeld-Mikroskopie.  
*a) SEM-image of gold nanoparticles deposited on a glass substrate.  
 b) The same Au nanoparticles observed by darkfield microscopy.*

(U. Zywietz/LZH)

definierten Quantenzustandes ab, wie zum Beispiel der Realisierung eines Bose-Einstein-Kondensats oder eines Bauelements mit gezielt eingestelltem Elektronenspin. Die Größe solcher Systeme ist oft ebenfalls im Nanometerbereich.

Beispiele für aktuelle Forschungsarbeiten im Laboratorium sind Quanteninterferenz und Quantentransport in niedrigdimensionalen Systemen, Quantensensoren auf der Basis von integrierten atomoptischen Systemen, atomare Systeme in Nanostrukturen, atomare Inertialsensoren, Einsatz von einfachen und gekoppelten Quantenpunktsystemen bei der Quanteninformationsverarbeitung und sowie Spineffekte. Anwendung von nanoskaligen Materialien in Dünnschichtsolarzellen, Herstellung und Charakterisierung von Photonen Kristallen, Nanostrukturen und Bausteine für die Plasmonik, Kohärenzeffekte bei der Elektron-Loch-Spin-Kopplung und Anwendung von spinpolarisierten Ladungsträgern in Halbleiterlasern.

Nanomaterialien verschiedenster Form, Stoffzusammensetzung und Größe im Nanometerbereich werden im Laboratorium hergestellt und untersucht. Nanopartikel besitzen aufgrund ihrer kleinen Abmessungen spezielle chemische und physikalische Eigenschaften, die sich deutlich von den Eigenschaften von makroskopischen Partikeln und Festkörpern unterscheiden. Die Ursache hierfür ist das große Verhältnis von Oberfläche zu Volumen der Nanopartikel, wodurch sie stark mit Ihrer Umgebung wechselwirken. Hinzu kommen gegebenenfalls quantenmechanische Effekte.

Die Herstellung von Nanopartikeln mit gezielt einstellbaren Eigenschaften, die Nutzbarmachung von Nanopartikeln für bestimmte Anwendungen und das physikalische Grundlagenverständnis von Nanopartikeln und deren Wirkungsweise stehen im Laboratorium im Vordergrund. Die Nanopartikel werden chemisch synthetisiert oder lasergestützt erzeugt.

Aktuelle Forschungsvorhaben sind unter anderem Untersuchungen

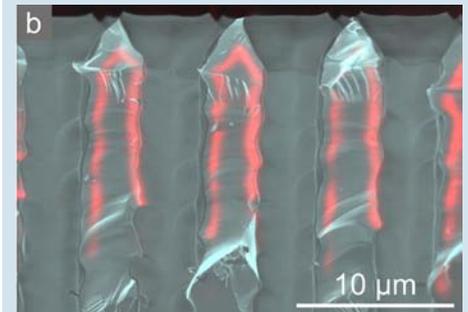
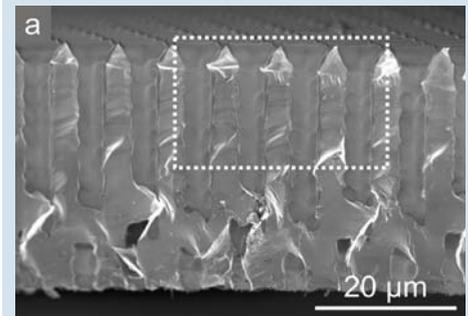
*Examples of current research in the laboratory are quantum interference and quantum transport in low dimensional systems, quantum sensors based on integrated atom-optical systems, atomic systems in nanostructures, atomic inertial sensors, use of single and coupled quantum dot systems in quantum information processing, and spin effects. Applications of nanoscale materials in thin film solar cells, characterization of photonic crystals, nanostructures and devices for plasmonics, coherence effects at electron-hole-spin coupling and application of spin-polarized carriers in semiconductor lasers.*

*Nanomaterials of various shapes, composition, and size in the nanometer range are produced and analyzed in the laboratory. Nanoparticles due to their small size have special chemical and physical properties that differ significantly from the properties of macroscopic particles and solids. This is due to the large ratio of surface to volume of the nanoparticles, so that they strongly interact with their environment. Added to this in many cases is the increased importance of quantum mechanical effects.*

*The preparation of nanoparticles with controlled properties, the utilization of nanoparticles for specific applications and the fundamental physical understanding of nanoparticles and their function are in the foreground of the laboratory. The nanoparticles are synthesized chemically or produced via laser-based techniques.*

*Current research projects include studies of nanoparticles for dye solar cells, creating self-cleaning surfaces by nanoparticle coatings, nanoparticles with photocatalytic properties for the purification of air and water, and bio-compatible nanomaterials for medical applications such as implants for the inner ear. In addition, the potential toxicity of nanomaterials must always be considered and investigated. Another focus is the simulation and modeling at the nano level, in multi-scale analysis of the impact of nanomaterials and interfaces on macroscopic objects.*

*The structure size of electrical devices on a computer chip is much*



(a) Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme eines Querbruchs einer  $(34 \pm 2)$  µm-dicken makroporösen Silizium-Solarzelle mit implantiertem Bor-Emitter. (b) Detailaufnahme des pn-Übergangs an der Vorderseite mit überlagertem Electron-beam-induced current-Signal (in Rot).

(a) Scanning electron micrograph of a transverse fracture of a  $(34 \pm 2)$  micron thick macroporous silicon solar cell with implanted boron emitters. (b) Detail of the pn junction at the front with superimposed Electron-beam induced current signal (in red).

(M. Ernst, H. Schulte-Huxel, R. Niepelt, S. Kajari-Schröder, and R. Brendel/ISFH)

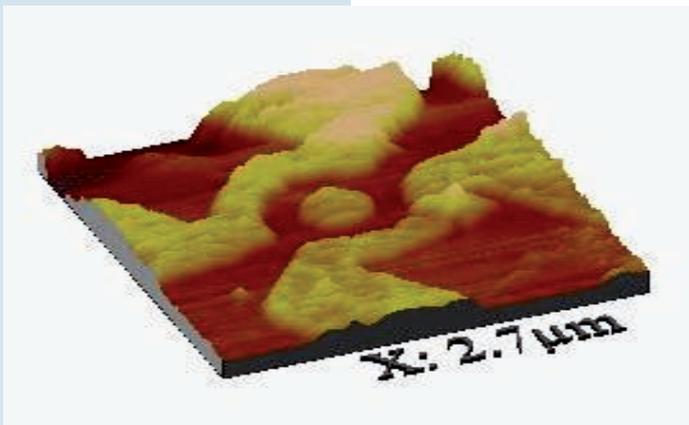
von Nanopartikeln für Farbstoff-Solarzellen, Beschichtungen mit Nanopartikeln für selbstreinigende Oberflächen, Nanopartikel mit photokatalytischen Eigenschaften zur Reinigung von Luft und Wasser, sowie biokompatible Nanomaterialien für die Medizin wie zum Beispiel Implantate für das Innenohr. Darüber hinaus wird immer auch die mögliche Toxizität von Nanomaterialien berücksichtigt und untersucht. Ein weiterer Schwerpunkt ist die Simulation auf der Nano-Ebene, es werden in Multiskalen-Analysen der Einfluss der Nanomaterialien und allgemein Grenzflächen auf makroskopische Objekten modelliert.

Die Strukturgrößen von elektrischen Bauelementen auf einem Computerchip sind heutzutage deutlich kleiner als 100 Nanometer. Der Aufbau der Strukturen ist in den letzten Jahren nahezu unverändert geblieben, einzig die Strukturgröße wurde in den einzelnen Technologiegenerationen schrittweise verkleinert. Diese Fortführung der Mikroelektronik auf immer kleineren Abmessungen wird als

*smaller than 100 nanometers today. The construction of the structures remained almost unchanged in recent years, only the structure size was reduced gradually throughout the technological generations. This continuation of microelectronics to ever smaller dimensions is referred to as nanoelectronics. Processor technologies with dimensions of 25 nano-meters are already used today. It has been assumed for quite some time, that this constant scaling will encounter its physical limits very soon. Therefore new, revolutionary concepts are explored to reduce the feature size further.*

*Since silicon will remain for at least the next few years the main semiconductor, in the laboratory new silicon-compatible materials for conventional devices with sub-100 nm structures are being studied. This includes the ability of material engineering at the molecular level, including the manipulation of individual atoms on surfaces as well as the development and combination of different materials. We investigate physical effects (conductivity, tunnel transport and excitation, etc.) to discover their suitability for novel devices that allow the exploitation of the quantum properties of small structures. The experimental work is supported by simulation and modeling.*

*For the manufacture of very small structures a wide variety of techniques are used in the laboratory. The further development and understanding of these techniques is in part the subject of the research. The structuring techniques are for example photolithography, electron beam lithography, laser surface structuring, 3D two-photon lithography, surface processing with an atomic force microscope, patterning with the scanning tunneling microscope and hot-embossing. In addition the thin film techniques of semiconductor technology are used such as evaporation, sputtering, annealing, CVD, MBE, implanting ions, oxidation and etching processes (plasma etching, etching with RIE and wet chemical etching).*



3D-Ansicht einer Nano-Ringstruktur in einer Graphen-Einzellage (AFM Bild).

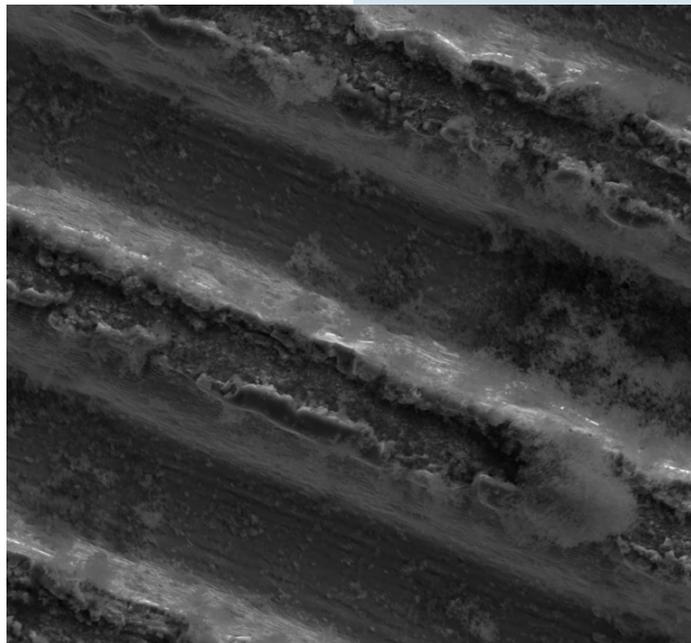
*3D view of a nano-ring structure into a graphene monolayer (AFM image).*

(D. Smirnov, R. Haug/FKP)

Nanoelektronik bezeichnet. Prozesstechnologien mit Abmessungen von 25 Nanometern werden heute schon genutzt. Schon seit einiger Zeit wird davon ausgegangen, dass diese stetige Skalierung sehr bald an ihre physikalischen Grenzen stößt. Es werden daher neuartige, revolutionäre Konzepte erforscht, um die Strukturgröße weiter zu verringern.

Da Silizium zumindest in den nächsten Jahren der hauptsächlich genutzte Halbleiter bleiben wird, werden im Laboratorium neue Silizium-kompatible Materialien für konventionelle Bauelemente mit Sub-100 nm-Strukturen erforscht. Das beinhaltet die Fähigkeit des Materialengineering auf molekularem Niveau einschließlich der Manipulation von einzelnen Atomen auf Oberflächen genauso wie die Entwicklung und Kombination verschiedenster Materialien. Es werden physikalische Effekte (Leitfähigkeit, Tunneltransport, spinabhängiger Ladungstransport und Anregungen usw.) im Hinblick auf ihre Verwendbarkeit für neuartige Bauelemente untersucht, die die Quanteneigenschaften kleinster Strukturen auszunutzen gestatten. Die experimentellen Arbeiten werden unterstützt durch Simulation und Modellierung.

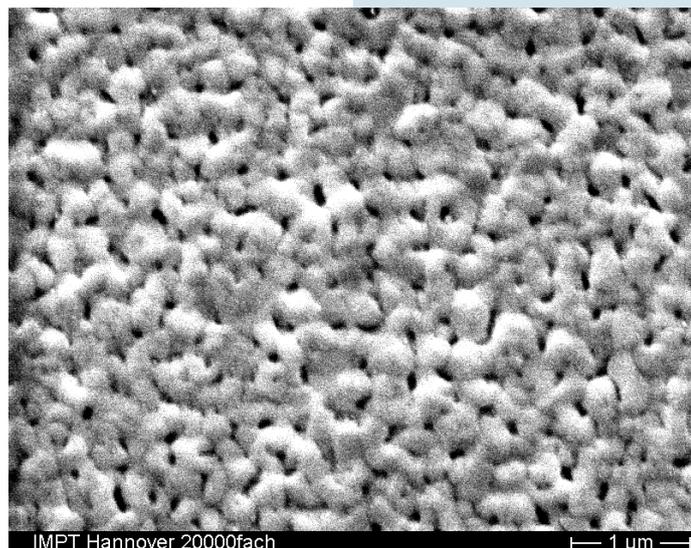
Für die Herstellung kleinster Strukturen werden im Laboratorium vielfältigste Techniken verwendet, wobei die Weiterentwicklung und das Verständnis dieser Techniken zum Teil selbst Gegenstand der Forschung sind. Die verwendeten Strukturierungstechniken sind zum Beispiel Fotolithographie, Elektronenstrahlolithographie, Oberflächen-Laserstrukturierung, 3D Two-Photon Lithographie, Oberflächenbearbeitung mit dem Rasterkraftmikroskop, Strukturierung mit dem Rastertunnelmikroskop und Hot- Embossing. Hinzu kommen die Dünnschichttechniken der Halbleitertechnologie wie Aufdampfen, Sputtern, Tempern, CVD, MBE, Implantieren von Ionen, Oxidation und Ätzprozesse (Plasmaätzen, Ätzen mit RIE und Nasschemisches Ätzen).



REM-Bild einer Riblet-strukturierten Verdichterschaufel (Kantenlänge des Bildes 110  $\mu\text{m}$ ).

*SEM image of a riblet structured compressor blade (edge length of the image 110  $\mu\text{m}$ ).*

(E. Reithmeier, R. Scheuer, T. Vynnyk/IMR)



REM Aufnahme einer poröse Aluminiumoxid Struktur auf einem Silizium-Untergrund.

*SEM image of a porous alumina structure on a silicon substrate.*

(S. Holz/IMPT)

## Mitglieder Members



**Prof. Dr. Detlef W. Bahnemann**  
 Institut für Technische Chemie  
 Leibniz Universität Hannover  
 Callinstraße 3  
 D-30167 Hannover  
 Phone: +49 (0)511 762 5560  
 Fax: +49 (0)511 762 2774  
 Bahnemann@iftc.uni-hannover.de  
 www.tci.uni-hannover.de/photochemie.html

Kernkompetenzen/*Core competencies:*

- Photokatalyse/*Photo catalysis*
- Selbstreinigende, superhydrophile und antibakterielle Oberflächen/*Self-cleaning, superhydrophilic, and antibacterial surfaces*
- Metall- und Halbleiter-Nanopartikel/*Metal and semiconductor particles*
- Nanokristalline transparente Beschichtungen/*Nanocrystalline transparent coatings*
- Funktionsprüfungen nach DIN, CEN und ISO/*Functional test according to DIN, CEN, and ISO*



**Prof. Dr.-Ing. Erich Barke**  
 Institut für Mikroelektronische Systeme  
 Fachgebiet Entwurfsautomatisierung  
 Leibniz Universität Hannover  
 Appelstraße 4  
 D-30167 Hannover  
 Phone: +49 (0)511 762 19690  
 Fax: +49 (0)511 762 19694  
 barke@ims.uni-hannover.de  
 www.ims.uni-hannover.de

Kernkompetenzen/*Core competencies:*

- Rechnergestützter Entwurf mikroelektronischer Schaltungen und Systeme/*Electronic Design Automation (EDA)*
- Verfahren für den Analog- und Mixed-Signal-Entwurf/*Methods for analog and mixed-signal design*
- Werkzeuge für den physikalischen Entwurf und seine Verifikation/*Tools for physical design and its verification*
- Methoden zum Entwurf robuster Schaltungen/*Tools for design of robust circuits*



**Prof. Dr.-Ing. Bernd-Arno Behrens**  
 Institut für Umformtechnik und Umformmaschinen  
 Leibniz Universität Hannover  
 An der Universität 2  
 D-30823 Garbsen  
 Phone: +49 (0)511 762 2164  
 Fax: +49 (0)511 762 3007  
 behrens@ifum.uni-hannover.de  
 www.ifum.uni-hannover.de

Kernkompetenzen/*Core competencies:*

- Blechumformung/*Sheet metal forming*
- Massivumformung/*Massive forming*
- Umformmaschinen/*Metal forming machines*
- CA – Techniken/*Computer aided engineering*
- Numerische Methoden/*Numerical methods*
- Biomedizintechnik/Prothesendesign/*Biomedical Engineering/prosthesis design*

Kernkompetenzen/*Core competencies:*

- Kontrollierte Synthese von Festkörpern, Materialien und Nanomaterialien/*Controlled synthesis of solid-state compounds, materials, and nanomaterials*
- Sol-Gel-Prozesse, kontrollierte Kristallisation, Solvothermalsynthesen/*Sol-gel processes, controlled crystallisation, solvothermal syntheses*
- Nanoporöse Materialien/*Nanoporous materials*
- Biomaterialien/*Biomaterials*
- Biomineralisation/*Biomineralisation*
- Modellierung von Festkörpern/*Modeling of solid-state compounds*

**Prof. Dr. Peter Behrens**

- Mitglied des Vorstandes -  
- *Member of Executive Board* -  
Institut für Anorganische Chemie  
Leibniz Universität Hannover  
Callinstraße 9  
D-30167 Hannover  
Phone: +49 (0)511 762 3660  
Fax: +49 (0)511 762 3006  
peter.behrens@acb.uni-hannover.de  
www.acb.uni-hannover.de

Kernkompetenzen/*Core competencies:*

- Simulation von Solarzellen/*Simulation of solar cells*
- Si-Materialforschung/*Si material research*
- Si-Dünnschichtzellen/*Si thin-film solar cells*
- Si-Waferzellen/*Si wafer cells*
- Zellcharakterisierung/*Characterisation of solar cells*
- Modultechnologie/*Module technology*
- Selektive Schichten/*Selective layers*
- Sonnenkollektoren/*Solar thermal collectors*

**Prof. Dr.-Ing. Rolf Brendel**

Institut für Festkörperphysik  
Abteilung Solarenergie  
Leibniz Universität Hannover  
Appelstraße 2  
D-30167 Hannover  
Fax: +49 (0)511 762 2904  
Rolf.Brendel@isfh.de  
www.isfh.de

Kernkompetenzen/*Core competencies:*

- Katalyse/*Catalysis*
- Membrane/*Membranes*
- Poröse Materialien/*Porous materials*
- Wirt/Gast-Komposite/*Host-guest composites*
- Brennstoffzellen/*Fuel cells*
- Farbstoff-Solarzellen/*Dye solar cells*
- Elektronenmikroskopie/*Electron microscopy*

**Prof. Dr. Jürgen Caro**

Institut für Physikalische Chemie und Elektrochemie  
Leibniz Universität Hannover  
Callinstraße 3-3a  
D-30167 Hannover  
Phone: +49 (0)511 762 3175  
Fax: +49 (0)511 762 19121  
juergen.caro@pci.uni-hannover.de  
www.caro.pci.uni-hannover.de/group\_caro.html?&L=1





**Prof. Dr. Boris Chichkov**  
 Laser Zentrum Hannover e. V.  
 Nanotechnology Division  
 Hollerithallee 8  
 D-30419 Hannover  
 Phone: +49 (0)511 2788 316  
 Fax: +49 (0)511 2788 100  
 b.chichkov@lzh.de  
 www.lzh.de

- Kernkompetenzen/*Core competencies*:
- Nanotechnologie mit dem Laser/*Nano-technology with laser*
  - Zwei-Photonen-Polymerisation/*Two-photon polymerization*
  - Charakterisierung von Laserprozessmissionen/*Characterisation of laser process emissions*
  - Nichtlineare maskenlose Lithographie/*Nonlinear maskless lithography*
  - Laserbasierte Nanopartikel-Erzeugung/*Laser-based nanoparticle generation*
  - EUV-Messtechnik/*EUV-Metrology*



**Prof. Dr. Wolfgang Ertmer**  
 Institut für Quantenoptik  
 Leibniz Universität Hannover  
 Welfengarten 1  
 D-30167 Hannover  
 Phone: +49 (0)511 762 2231  
 Fax: +49 (0)511 762 2211  
 ertmer@iqo.uni-hannover.de  
 www.iqo.uni-hannover.de

- Kernkompetenzen/*Core competencies*:
- Quantenengineering/*Quantum engineering*:
    - Optische Atomuhren/*Optical atom clocks*
    - Bose-Einstein-Kondensate/*Bose-Einstein condensates*
    - Ultrakalte Bose-Fermi Mischungen/*Ultra-cold Bose-Fermi mixtures*
    - Rein-optische Atomlaser/*Pure optical atom lasers*
    - Ultrakalte Neon-Atome/*Ultra-cold neon atoms*
  - Quantensensoren/Quantum sensors:
    - Sagnac-Interferometrie/*Sagnac interferometry*
    - Atominterferometrie/*Atom interferometry*
    - Atomoptik mit Mikrostrukturen/*Atom optics with microstructures*
  - Fundamentale Physik im Weltraum/*Fundamental physics in space*
  - Lasermedizin und Biophotonik/*Laser medicine and biophotonics*



**Prof. Dr.-Ing. Hans-Heinrich Gatzert**  
 Institut für Mikrotechnologie  
 Leibniz Universität Hannover  
 An der Universität 2  
 D-30823 Garbsen  
 Phone: +49 (0)511 762 5103  
 Fax: +49 (0)511 762 2867  
 gatzert@imt.uni-hannover.de  
 www.imt.uni-hannover.de

- Kernkompetenzen/*Core competencies*:
- Mikro- und Nanosensorik/*Micro- and nanosensors*
  - Mikro- und Nanoaktorik/*Micro- and nanoactors*
  - Mikro- und Nanotribologie/*Micro- and nanotribology*
  - Mechanische Mikro- und Nanobearbeitung/*Mechanical micro- and nanoprocessing*
  - Mikromontage/*Micro assembly*
  - Management of Technology (MOT)/*Management of Technology (MOT)*
  - Ausbildungskonzepte für Mikro- und Nanotechnik/*Educational concepts for mikro and nano technics*

Kernkompetenzen/*Core competencies:*

- Technologie von Siliziumwafer-Solarzellen/*Technology of silicon wafer solar cells*
- Halbleiterbauteil-Physik/*Semiconductor device physics*
- Simulation von Solarzellen/*Simulation of solar cells*
- Heteroübergang Solarzellen: a-Si/c-Si/*Heterojunction solar cells: a-Si/c-Si*
- Rückkontakt-Solarzellen/*Back-contact solar cells*
- Ionenimplantation/*ion implantation*

## Prof. Dr. Nils-Peter Harder

Institut für Materialien und Bauelemente der Elektronik  
Leibniz Universität Hannover  
Schneiderberg 32  
D-30167 Hannover  
Phone: +49 (0)511 762 5009  
Fax: +49 (0)511 762 4229  
harder@mbe.uni-hannover.de  
www.mbe.uni-hannover.de

Kernkompetenzen/*Core competencies:*

- Quanteneffekte/*Quantum Effects*
- Nanostrukturierung/*Nanostructuring*
- Niederdimensionale Systeme/*Low dimensional systems*
- Nanoelektronik/*Nanoelectronics*
- Quanten Hall Effekt/*Quantum Hall effect*
- Quantenpunkte/*Quantum dots*

## Prof. Dr. Rolf J. Haug

- Sprecher des Vorstandes -  
- *Speaker of the Executive Board* -  
Institut für Festkörperphysik  
Abteilung Nanostrukturen  
Leibniz Universität Hannover  
Appelstraße 2  
D-30167 Hannover  
Phone: +49 (0)511 762 2901  
Fax: +49 (0)511 762 2904  
haug@nano.uni-hannover.de  
www.nano.uni-hannover.de

Kernkompetenzen/*Core competencies:*

- MOSFETs mit hochbeweglichen heteroepitaktischen Germanium-Kanälen auf Siliziumsubstraten/*MOSFETs with high-mobility heteroepitaxial germanium channels on silicon substrates*
- Resonante Tunnelbauelemente/*Resonant-tunneling devices*
- Nanocluster MOS-Speicher/*Nanocluster MOS-memories*
- Gatedielektrika hoher Dielektrizitätskonstante/*Gate dielectrics with high dielectric constant*
- Degradationsphänomene in Gate- und Tunneloxiden/*Degradation phenomena in gate- and tunnel-oxides*
- Full-band Monte-Carlo Transportsimulation/*Full-band Monte-Carlo transport simulation*

## Prof. Dr. Karl R. Hofmann

Institut für Materialien und Bauelemente der Elektronik  
Leibniz Universität Hannover  
Schneiderberg 32  
D-30167 Hannover  
Phone: +49 (0)511 762 4220  
Fax: +49 (0)511 762 4229  
hofmann@mbe.uni-hannover.de  
www.mbe.uni-hannover.de





**Prof. Dr. Andreas Kirschning**  
Institut für Organische Chemie  
Leibniz Universität Hannover  
Schneiderberg 1B  
D-30167 Hannover  
Phone: +49 (0)511 762 4614  
Fax: +49 (0)511 762 3011  
andreas.kirschning@oci.uni-hannover.de  
www.akoci.uni-hannover.de/AK\_Kirschning/

Kernkompetenzen/*Core competencies:*

- *Enabling technologies in organic synthesis: Solid-phase assisted synthesis, microreactors, novel immobilization strategies for catalysts, methodology development in organic synthesis.*
- *Natural product synthesis: Total synthesis and mutasynthesis of biologically active natural products - antiinfectives, antitumor agents, etc.; natural products as tools for drug research and finding of biological targets.*



**Dr. Carsten Klempt**  
Institut für Quantenoptik  
Leibniz Universität Hannover  
Welfengarten 1  
D-30167 Hannover  
Phone: +49 (0)511 762 2238  
Fax: +49 (0)511 762 2211  
klempt@iqo.uni-hannover.de  
www.iqo.uni-hannover.de

Kernkompetenzen/*Core competencies:*

- *Ultrakalte Materie/Ultra-cold matter*
- *Atomare Bose-Einstein-Kondensate und quantenentartete Fermigase/ Atomic Bose-Einstein condensates and quantum degenerate Fermi gases*
- *Ultrakalte Moleküle/Ultra-cold molecules*
- *Nichtklassische Materiewellen/Non-classical matter waves*
- *Squeezing und Verschränkung von neutralen Atomen/Squeezing and entanglement of neutral atoms*



**Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Mathis**  
Institut für Theoretische Elektrotechnik  
Leibniz Universität Hannover  
Appelstraße 9A  
D-30167 Hannover  
Phone: +49 (0)511 762 3201  
Fax: +49 (0)511 762 3204  
mathis@tet.uni-hannover.de  
www.tet.uni-hannover.de

Kernkompetenzen/*Core competencies:*

- *Modellierung und Simulation von/Modelling and simulation of:*
- *Nanostrukturierten Bauelementen und Schaltungen/Nanostructured devices and circuits*
- *Atomkraftmikroskopie (EFM, MFM)/ Atomic force microscopy (EFM, MFM)*
- *Nano-elektromechanischen Systemen (NEMS)/Nano electro mechanical systems (NEMS)*

Kernkompetenzen/*Core competencies:*

- Spinelektronik in Halbleitern/*Spinelectronics in semiconductors:*
- Spin-Rausch Spektroskopie/*Spin-noise spectroscopy*
- g-Faktor Spektroskopie/*g-Factor spectroscopy*
- Optische Spin-Auswahlregeln/*Optical spin-selection rules*
- Reduktion der Laserschwelle/*Reduction of laser threshold*
- Spin-Dephasierung/*Spin dephasing*
- Dynamik von Biexitonen/*Dynamics of biexcitons*

Prof. Dr. Michael Oestreich  
 Institut für Festkörperphysik  
 Abteilung Nanostrukturen  
 Leibniz Universität Hannover  
 Appelstraße 2  
 D-30167 Hannover  
 Phone: +49 (0)511 762 3493  
 Fax: +49 (0)511 762 2904  
 oest@nano.uni-hannover.de  
 www.nano.uni-hannover.de/oest/

Kernkompetenzen/*Core competencies:*

- Quantenkontrolle gespeicherter Ionen in Hinblick auf Quanteninformation und Präzisionsmessungen/*Quantum control of stored ions in terms of quantum information and precision measurements*

Prof. Dr. Christian Ospelkaus  
 Institut für Quantenoptik  
 Leibniz Universität Hannover  
 Welfengarten 1  
 D-30167 Hannover  
 Phone: +49 (0)511 762 17644  
 Fax: +49 (0)511 762 2211  
 christian.ospelkaus@iqo.uni-hannover.de  
 www.iqo.uni-hannover.de

Kernkompetenzen/*Core competencies:*

- Atomare und molekulare Quantengase und ultrakalte Moleküle/*Atomic and molecular quantum gases and ultracold molecules*

Prof. Dr. Silke Ospelkaus  
 Institut für Quantenoptik  
 Leibniz Universität Hannover  
 Welfengarten 1  
 D-30167 Hannover  
 Phone: +49 (0)511 762 17645  
 Fax: +49 (0)511 762 2211  
 silke.ospelkaus@iqo.uni-hannover.de  
 www.iqo.uni-hannover.de





**Prof. Dr. H. Jörg Osten**

- Mitglied des Vorstandes -  
 - *Member of Executive Board* -  
 Institut für Materialien und Bauelemente  
 der Elektronik  
 Leibniz Universität Hannover  
 Schneiderberg 32  
 D-30167 Hannover  
 Phone: +49 (0)511 762 4211  
 Fax: +49 (0)511 762 4229  
 ostens@mbe.uni-hannover.de  
 www.mbe.uni-hannover.de

Kernkompetenzen/*Core competencies:*

- Neuartigen Materiallösungen für die Si-basierende Elektronik/*New materials for Si-based electronics*
- Alternative Bauelemente-Konzepte, neue nanoelektronische Funktionalität/*Alternative device concepts, new nanoelectronic functionalities*
- Kristalline Seltener-Erden-Oxide/*Crystalline rare earth oxides*
- Wachstum von ultradünnen epitaktischen Heterostrukturen mit vergrabenen Metalloxiden in Silizium/*Growth of ultra-thin epitaxial heterostructures with buried metal oxides on silicon*
- Engineering der Grenzflächen von 2D-Nanostrukturen/*Interface engineering of 2D nanostructures*



**Prof. Dr. Herbert Pfnür**

Institut für Festkörperphysik  
 Abteilung Atomare und molekulare Strukturen  
 Leibniz Universität Hannover  
 Appelstraße 2  
 D-30167 Hannover  
 Phone: +49 (0)511 762 4819  
 Fax: +49 (0)511 762 4877  
 pfnuer@fkp.uni-hannover.de  
 www.fkp.uni-hannover.de/agp.html

Kernkompetenzen/*Core competencies:*

- Leitfähigkeit in reduzierten Dimensionen/*Conductivity in reduced dimensions*
- Molekulare Elektronik/*Molecular electronics*
- Funktionalisierte Isolatoren/*Functionalized insulators*
- Nanostrukturierte Metall/Isolator-Systeme/*Nanostructured metal/insulator systems*



**Prof. Dr.-Ing. Bernd Ponick**

Institut für Antriebssysteme und Leistungselektronik  
 Fachgebiet Elektrische Maschinen und Antriebssysteme  
 Leibniz Universität Hannover  
 Welfengarten 1  
 D-30167 Hannover  
 Phone: +49 (0)511 762 2571  
 Fax: +49 (0)511 762 3040  
 ponick@ial.uni-hannover.de  
 www.ial.uni-hannover.de

Kernkompetenzen/*Core competencies:*  
 Klein- und Mikroaktoren/*Small and micro-actuators:*

- Entwurf/*Electromagnetic Design*
- Berechnung des stationären und dynamischen Betriebsverhaltens/*Prediction of the stationary and dynamic performance*
- Modellbildung/*Modelling*
- Parameteridentifikation/*Identification of parameters*
- Energieeffizienz von Antriebssystemen/*Energy efficient drive systems*
- Entwicklung von Spezialsoftware/*Development of expert software*

Kernkompetenzen/*Core competencies:*

- Atomoptik/*Atom Optics*
- Quantenoptik/*Quantum Optics*
- Präzisionsensoren für Raum und Zeit/  
*Precision Sensors of Space and Time*

**Prof. Dr. Ernst Rasel**  
 Institut für Quantenoptik  
 Leibniz Universität Hannover  
 Welfengarten 1  
 D-30167 Hannover  
 Phone: +49 (0)511 762 19203  
 Fax: +49 (0)511 762 2211  
 rasel@iqo.uni-hannover.de  
 www.iqo.uni-hannover.de

Kernkompetenzen/*Core competencies:*

- Fertigungsmess- und Prüftechnik/*Production measurement and test technology*
- Optosensorik/*Opto sensors*
- Regelungstechnik/*Control Engineering*
- Akustik/*Acoustics*

**Prof. Dr.-Ing. E. Reithmeier**  
 Institut für Mess- und Regelungstechnik  
 Leibniz Universität Hannover  
 Nienburger Straße 17  
 D-30167 Hannover  
 Phone: +49 (0)511 762 3331  
 Fax: +49 (0)511 762 3234  
 sekretariat@imr.uni-hannover.de  
 www.imr.uni-hannover.de

Kernkompetenzen/*Core competencies:*

- Koordinationschemie/*Coordination chemistry*
- Molekulare Schalter/*Molecular switches*
- Mößbauer Spektroskopie/*Mößbauer spectroscopy*

**Prof. Dr. Franz Renz**  
 Institut für Anorganische Chemie  
 Leibniz Universität Hannover  
 Callinstraße 9  
 3D-0167 Hannover  
 Phone: +49 (0)511 762 4541  
 Fax: +49 (0)511 762 19032  
 Franz.Renz@acd.uni-hannover.de  
 www.ak-renz.uni-hannover.de





**Prof. Dr.-Ing. Lutz Rissing**  
 - Mitglied des Vorstandes -  
*- Member of Executive Board -*  
 Institut für Mikroproduktionstechnik  
 Leibniz Universität Hannover  
 An der Universität 2  
 D-30823 Garbsen  
 Phone: +49 (0)511 762 5102  
 Fax: +49 (0)511 762 2867  
 rissing@imt.uni-hannover.de  
 www.impt.uni-hannover.de

Kernkompetenzen/*Core competencies:*

- Dünnschichttechnik/*Thin Film Technology*
- Mechanische Mikrobearbeitung und –montage/*Mechanical Micromachining and Microassembly*
- Mikrotribologie/*Microtribology*
- Konzepte im Bereich der Aus- und Weiterbildung in der Mikrosystemtechnik/*Concepts of education and advanced training in microtechnology*
- Aufbau- und Verbindungstechnik auf Waferniveau/*Assembly and packaging at wafer level*



**Prof. Dr.-Ing. Raimund Rolfes**  
 Institut für Statik und Dynamik  
 Leibniz Universität Hannover  
 Appelstraße 9A  
 D-30167 Hannover  
 Phone: +49 (0)511 762 3867  
 Fax: +49 (0)511 762 2236  
 r.rolfes@isd.uni-hannover.de  
 www.isd.uni-hannover.de

Kernkompetenzen/*Core competencies:*

- Multifunktionale, leichte und langlebige Strukturen/*Multifunctional, lightweight, and durable structures*
- Schwingungen und Verbunde/*Vibrations and composites*
- Schadensfrüherkennung/*Health monitoring*
- Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit dynamisch beanspruchter Strukturen/*Serviceability of dynamically loaded structures*
- Robuster und wirtschaftlicher Entwurf von Faserverbundstrukturen/*Robust and economical design of fiber composite structures*
- Einrichtung virtueller Versuchsstände/*Creating virtual test setups*
- Materialgesetze für Verbunde/*Constitutive laws for composites*
- Molekulardynamische Finite Elemente Methode/*Molecular dynamic finite element method*



**apl. Prof. Dr. Christoph Tegenkamp**  
 Institut für Festkörperphysik  
 Abteilung Atomare und molekulare Strukturen  
 Leibniz Universität Hannover  
 Appelstraße 2  
 D-30167 Hannover  
 Phone: +49 (0)511 762 4819  
 Fax: +49 (0)511 762 4877  
 pfnuer@fkp.uni-hannover.de  
 www.fkp.uni-hannover.de/agp.html

Kernkompetenzen/*Core competencies:*

- Graphen und Nanostrukturierung von Graphen/*Graphene and nanostructuring of graphene*
- Funktionalisierung von Halbleiteroberflächen/*Functionalization of semiconductor surfaces*
- Korrelierte elektronische Systeme/*Correlated electronic systems*
- Kollektive Phänomene/*Collective phenomena*
- Transport in niedrigdimensionalen Strukturen/*Transport in low dimensional structures*

Kernkompetenzen/*Core competencies:*

- Silizium-basierte nano- und optoelektronische Bauelemente/*Silicon-based nanoelectronic and optoelectronic devices*
- Materialien für optoelektronische Bauelemente auf Siliziumsubstraten/*Materials for optoelectronic devices on silicon substrates*
- Molekularstrahlepitaxie mit Silizium und Germanium/*Molecular beam epitaxy of silicon and germanium*
- Modifikation der Hetero-Epitaxie mit Surfactants/*Modification of heteroepitaxy with surfactants*
- Herstellung und Charakterisierung von Si/Ge-epitaktischen Filmen und Hetero-Bauelementen/*Fabrication and characterization of Si/Ge-epitaxial films and heterodevices*

Kernkompetenzen/*Core competencies:*

- Biomechanik/*Biomechanics*
- Konstitutive Modellierung von Materialien/*Constitutive modelling of materials*
- Kontaktmechanik/*Contact mechanics*
- Finite Elemente Algorithmen/*Finite element algorithms*
- Mikromechanik/*Micromechanics*
- Multiphysik/*Multiphysics*
- Multi-Skalen-Analysen für Materialien und Grenzflächen/*Multi-scale analysis for materials and interfaces*
- Optimierung/*Optimizing*
- Symbolische Ansätze in FEM/*Symbolic approaches in FEM*

Kernkompetenzen/*Core competencies:*

- Sensorik und Messtechnik/*Sensors and Measurement Science*
- Medizin- und Sicherheitstechnik/*Medical and Safety Technology*
- Mikrosystemtechnik/*Micro system technology*

## Prof. Dr.-Ing. Tobias Wietler

Institut für Materialien und Bauelemente der Elektronik  
Leibniz Universität Hannover  
Schneiderberg 32  
D-30167 Hannover  
Phone: +49 (0)511 762 5042  
Fax: +49 (0)511 762 4229  
wietler@mbe.uni-hannover.de  
www.mbe.uni-hannover.de



## Prof. Dr.-Ing. Peter Wriggers

Institut für Kontinuumsmechanik  
Leibniz Universität Hannover  
Appelstraße 11  
D-30167 Hannover  
Phone: +49 (0)511 762 2220  
Fax: +49 (0)511 762 5496  
wriggers@ikm.uni-hannover.de  
www.ikm.uni-hannover.de



## Prof. Dr.-Ing. Stefan Zimmermann

Institut für Grundlagen der Elektrotechnik und Messtechnik  
Leibniz Universität Hannover  
Appelstraße 9a  
D-30167 Hannover  
Phone: +49 (0)511 762 4671  
Fax: +49 (0)511 762 3917  
zimmermann@geml.uni-hannover.de  
www.geml.uni-hannover.de



## Aktuell in 2012

### News in 2012

8.03.2012

#### Gasmesstechnik

##### Workshop Promovierender aus ganz Deutschland am 14.03-15.03.2012 in Hannover

Medizintechnik, Sicherheitstechnik, Abgasüberwachung in Fahrzeugen oder Biogasanlagen – es gibt unzählige Einsatzgebiete, in denen die Analyse von Gasen eine wichtige Rolle spielt. Dabei kann es um die eindeutige Identifikation von Biomarkern im Atem gehen, den Nachweis von toxischen Substanzen mit Konzentrationen weit unter  $10^{-6}$ , die Optimierung von Verbrennungsprozessen anhand der abgegebenen Abgase oder dem Aufbau von integrierten Sensorplattformen. Und so zahlreich die verschiedenen Ansprüche an die Messtechnik sind, so unterschiedlich sind auch die Messprinzipien.

Um sich einen Überblick über den derzeitigen Forschungsstand im Bereich der Gasmesstechnik zu verschaffen, treffen sich in diesem Jahr zum ersten Mal Promovierende aus ganz Deutschland in Hannover. Dabei werden Promotionsstudenten aus verschiedenen Arbeitsgruppen aus den Bereichen der Physik, der Chemie und der Elektrotechnik ihre aktuellen Themenschwerpunkte vorstellen. Ausgerichtet wird diese Veranstaltung vom Institut für Grundlagen der Elektrotechnik und Messtechnik. Die Vorträge werden vom 14.03 bis zum 15.03. im Laboratorium für Nano- und Quantenengineering, einem interdisziplinären Leibniz Forschungszentrum der Leibniz Universität Hannover, stattfinden. Ziel ist der Wissenstransfer aus unterschiedlichen Arbeitsgruppen und der Aufbau eines Netzwerkes für Promotionsstudenten.

#### Gas Measurement Techniques

##### Workshop for doctoral students from all over Germany on 14.03-15.03.2012 in Hanover

*Medical technology, security technology, emission control in vehicles or biogas plants - there are many applications in which the analysis of gases plays an important role. Activities may include the unique identification of biomarkers in the breath, the detection of toxic substances with concentrations well below  $10^{-6}$ , the optimization of combustion processes based on the emitted exhaust gases or the development of integrated sensor platforms. And so many of the different demands on the measurement technique are, so too are the principles of measurement.*

*To get an overview of the current state of research in the field of gas measurement techniques, PhD students from all over Germany will meet this year for the first time in Hanover. Doctoral students from various working groups in the fields of physics, chemistry and electrical engineering will present their current topics. The event will be organized by the Institute for Fundamental Electrical Engineering and Measurement Technology. The lectures will be held from 14.03 to 15.03. in the Laboratory of Nano and Quantum Engineering, an interdisciplinary research center at the Leibniz Universität Hannover. The goal is the transfer of knowledge from different research groups and to develop a network for PhD students.*

## Mitgliederversammlung des LNQE 2012

### Nutzergebühren für den LNQE-Forschungsbau beschlossen

Am 13.06.2012 fand die jährliche Mitgliederversammlung des LNQE statt. Die wichtigsten Punkte der Tagesordnung waren:

- Bericht über die Aktivitäten des LNQE seit der letzten Mitgliederversammlung durch Prof. Dr. Rolf Haug
- Erweiterung der experimentellen Basis im Forschungsbau: Die Geräte und technologischen Möglichkeiten im LNQE-Forschungsbau wurden vorgestellt. Ende Juli 2012 wird ein neues Transmissionselektronenmikroskop geliefert.
- Veränderungen in der Mitgliedschaft: Prof. Dr. Nils-Peter Harder (Institut für Materialien und Bauelemente der Elektronik & Institut für Solarenergieforschung Hameln) und apl. Prof. Dr. Christoph Tegenkamp (Institut für Festkörperphysik, Abteilung Atomare und molekulare Strukturen) wurden als neue Mitglieder aufgenommen.
- Weiterentwicklung interdisziplinärer Forschungsschwerpunkte an der Leibniz Universität Hannover
- Finanzbericht/Finanzplan
- Nutzungsabrechnung des Forschungsbaus: Es wurden Nutzergebühren beschlossen (Details im internen Bereich)
- Festlegung des Mitgliedsbeitrages 2012: Durch einstimmigen Beschluss der Mitgliederversammlung bleibt der jährliche Mitgliedsbeitrag unverändert.

Das Protokoll der Mitgliederversammlung steht im internen Bereich den Arbeitsgruppen des LNQE zum Download zur Verfügung.

## Workshop Photokatalyse und Biologie

### Japanisch-deutsches Treffen in Hannover

Am 28. und 29. Juni 2012 treffen sich Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, Industrievertreterinnen und

## General meeting of LNQE 2012

### User fees for the LNQE research building decided

*On June the 13th, 2012 was held the annual general meeting of LNQE. The main agenda items were:*

- *Report on the activities of LNQE since the last general meeting by Prof. Dr. Rolf Haug*
- *Expansion of the experimental basis in the research building: The equipment and technological capabilities in LNQE-research building were presented. End of July 2012, a new transmission electron microscope will be delivered.*
- *Changes in membership: Prof. Dr. Nils-Peter Harder (Institute of Electronic Materials and Devices & Institut für Solarenergieforschung Hameln) and apl. Prof. Dr. Christoph Tegenkamp (Institute for Solid State Physics, Atomic and Molecular Structures Section) were admitted as new members.*
- *Further development of interdisciplinary research focuses on Leibniz Universität Hannover*
- *Financial reporting / financial plan*
- *Accounting of use of the research building: User fees were decided (details in the members area)*
- *Determining the membership fee 2012: By unanimous vote of the general meeting the annual membership fee remains unchanged.*

*The protocol of the general meeting can be downloaded by the work groups of the LNQE in the members area.*

22.06.2012

## Workshop Photocatalysis and Biology

### Japanese-German meeting in Hanover

*On 28 and 29 June 2012, scientists and industry representatives from Japan and Germany meet in the*

25.06.2012

Industrievertreter aus Japan und Deutschland im Laboratorium für Nano- und Quantenengineering der Leibniz Universität, um Informationen über die Wirkung von Photokatalysatoren auf Bakterien und Viren auszutauschen.

Photokatalysatoren erzeugen unter Lichteinwirkung reaktive Sauerstoffspezies, die Bakterien und Viren zerstören. Mit Photokatalysatoren beschichtete Materialien können daher in Bereichen mit erhöhten Ansprüchen an die Hygiene, wie zum Beispiel Krankenhäusern, eingesetzt werden. Ziel des Treffens ist es, die Entwicklung weltweit einheitlicher Prüfmethoden für die Klassifizierung photokatalytisch aktiver Beschichtungen voranzutreiben.

Der internationale Workshop findet auf Einladung von Prof. Dr. Detlef Bahnemann vom Institut für Technische Chemie der Leibniz Universität und Dr. Stephan-Peter Blöß von Kronos International statt.

*Laboratory of Nano and Quantum Engineering at Leibniz Universität to share information about the effect of photocatalysts on bacteria and viruses.*

*Photocatalysts exposed to light produce reactive oxygen species that destroy bacteria and viruses. With photocatalysts coated materials can therefore be used in areas with higher standards of hygiene, as used for example hospitals. The aim of the meeting is to develop globally standardized test methods for the classification of photocatalytic active coatings.*

*The international workshop will be held on the invitation of Prof. Dr. Detlef Bahnemann from the Institute for Technical Chemistry, Leibniz Universität, and Dr. Peter Stephan Bloess of Kronos International.*

02.10.2012

## Hannover School for Nanotechnology

### Niedersächsisches Promotionsprogramm bewilligt!

Das Niedersächsische Ministerium für Wissenschaft und Kultur (MWK) hat elf neue Niedersächsische Promotionsprogramme bewilligt, darunter die „Hannover School for Nanotechnology“ mit Partnern aus dem Forschungszentrum Laboratorium für Nano- und Quantenengineering der Leibniz Universität und aus der Hochschule Hannover. Bewilligt wurden fünfzehn Stipendien und Mittel für Sach- und Reisekosten der Stipendiatinnen und Stipendiaten, die gesamte Fördersumme beträgt 1.000.000,- Euro für einen Zeitraum von vier Jahren.

Die Nanotechnologie gilt als eine der aussichtsreichsten Schlüsseltechnologien, die zur Lösung vieler Probleme der Menschheit beitragen kann. Eine der wichtigsten Fragen der heutigen Zeit ist hierbei den immer weiter steigenden Energiebedarf bei zu Ende gehenden Ressourcen

## Hannover School for Nanotechnology

### Lower Saxony PhD-program granted!

*The Lower Saxony Ministry of Science and Culture (MWK) has approved eleven new Lower Saxony PhD-programs, including the "Hannover School for Nanotechnology" with partners from the Research Center Laboratory of Nano and Quantum Engineering of the Leibniz Universität Hannover and from the Hochschule Hannover. Fifteen scholarships and funding for equipment and travel costs of the scholarship holders were granted, the total grant amounts to 1.000.000,- Euro for a period of four years.*

*Nanotechnology is one of the most promising key technologies that can help solve many of the problems of mankind. One of the key questions of our time is to cover here the ever-increasing demand for energy whiles the resources coming to an end and to protect the environment at once. The conversion, transport and*



Das neue hsn-Logo.  
*The new hsn-Logo.*

zu decken und gleichzeitig die Umwelt zu schonen. Die Wandlung, der Transport und die Speicherung von Energie sind grundlegende Fragen für die Zukunft unserer Gesellschaft. Das Gebiet der Nanotechnologie kann hier wichtige Beiträge leisten, durch verbessertes Grundlagenverständnis, durch neue Anwendungen und marktfähige Produkte. Energieprozesse müssen auf der Nanoskala verstanden werden. Mit Nanomaterialien und durch Nanoengineering werden diese verbessert werden und revolutionär neue Wege zur Energiewandlung, Energiespeicherung oder Energietransport werden gefunden werden.

Die Nanotechnologie ist eine sehr interdisziplinäre Wissenschaft, sie verlangt Kenntnisse in Chemie, Physik, Elektrotechnik und Maschinenbau. Nanotechnologisch orientierte Arbeitskreise der Leibniz Universität Hannover haben sich seit Jahren interdisziplinär im Forschungszentrum Laboratorium für Nano- und Quantenengineering (LNQE) vernetzt. Dieser Verbund schafft nicht nur eine Basis für gemeinsame Forschungsaktivitäten, sondern engagiert sich besonders für die Ausbildung einer neuen Generation von Forscherinnen und Forschern, deren interdisziplinäre Kompetenzen sie zur effektiven transdisziplinären Kommunikation zwischen den Fächern befähigt. Unter Federführung des LNQE wird deshalb schon seit einigen Jahren der Bachelor- und Masterstudiengang „Nanotechnologie“ angeboten. Mit der jetzt bewilligten Hannover School for Nanotechnology (hsn) wird die interdisziplinäre Ausbildung konsequent auf die Doktorandenebene fortgeführt.

Die hsn richtet sich gezielt an exzellente junge Studierende aus der ganzen Welt, um diese bestmöglich auf dem Gebiet der Nanotechnologie auszubilden. Ein wichtiges Ziel ist, eine möglichst kurze Promotionsdauer auch für internationale Studierende zu erreichen und gleichzeitig Spitzenforschungsergebnisse zu erzielen. Das Programm hat flexible Einstiegszeitpunkte: direkt nach dem Bachelor-Abschluss, während der Masterzeit oder mit Master-Abschluss, um so exzellente Studierende auf allen

*storage of energy are fundamental issues for the future of our society. The field of nanotechnology can make here important contributions through improved fundamental understanding, through new applications and through marketable products. Energy processes need to be understood at the nanoscale. With nanomaterials and nanoengineering these processes will be improved and revolutionary new ways of energy conversion, energy storage and energy transport will be found.*

*Nanotechnology is a very interdisciplinary and it requires knowledge of chemistry, physics, electrical engineering and mechanical engineering. Nanotechnology oriented working groups of the Leibniz Universität Hannover have linked in the interdisciplinary research center Laboratory of Nano and Quantum Engineering (LNQE) since years. This network not only creates a basis for joint research activities, but is particularly committed to train a new generation of researchers, whose interdisciplinary expertise enables them for effective cross-disciplinary communication between the disciplines. Managed by the LNQE the bachelor's and master's program "Nanotechnology" is offered hence for several years. With the recently approved Hannover School for Nanotechnology (hsn) interdisciplinary training is consistently continued in the doctoral level.*

*The hsn is targeted at outstanding young students from around the world, in order to educate them the best possible way in the field of nanotechnology. An important goal is to achieve a short promotional period for international students while achieving excellent research results. The program has flexible entry points in time: immediately after the bachelor's degree, while the master time or with a master's degree, in order to admit excellent students at all levels.*

*Along with the actual subject of the PhD project, a tailored curriculum will be offered. This includes nanotechnology courses, seminars, colloquies, courses to promote personal skills, and in particular special events that teach the responsible use of nanotechnology. A particular focus of hsn*

Stufen aufnehmen zu können.

Neben dem eigentlichen Promotionssthema wird den Stipendiatinnen und Stipendiaten ein maßgeschneidertes Lehrangebot angeboten. Dies beinhaltet Nanotechnologie-Kurse, Seminare, Kolloquien, Kurse zur Förderung von persönlichen Fähigkeiten, und insbesondere spezielle Veranstaltungen, die einen verantwortungsvollen Umgang mit Nanotechnologie lehren. Ein besonderer Schwerpunkt von hsn soll darüber hinaus die Förderung von jungen Wissenschaftlerinnen sein, zum einen sollen möglichst viele Frauen für die hsn gewonnen werden, zum anderen sollen Sie im besonderem Maße unterstützt und gefördert werden. Für die besten Stipendiatinnen und Stipendiaten bietet die hsn nach einer Evaluation eine Fast-Track Option an, mit der die Förderung mit einem Stipendium bereits während der Masterzeit beginnt. Es wird dann der Masterabschluss erworben und nach zwei Jahren dann mit Promotion abgeschlossen.

Die hsn wird ihre räumliche Basis im neu errichteten Forschungsbau des LNQE finden. Dieser Nanotechnologie-Forschungsbau bietet neueste Labore und Reinsträume für Spitzenforschung und die Büroflächen sind ideal für kommunikative Interaktion ausgerichtet, so dass die Stipendiatinnen und Stipendiaten gemeinsam „unter einem Dach“ ausgebildet werden können.

Die hsn vereint Partner aus dem LNQE und der Hochschule Hannover (HsH). Hierdurch wird es möglich, auch exzellenten Absolventen der HsH den Zugang zur Promotion zu ermöglichen. Die Betreuung der Doktorandinnen und Doktoranden wird gemeinschaftlich durch Partner aus der Leibniz Universität Hannover und der Hochschule Hannover übernommen. Die im LNQE gewonnenen Grundlagenerkenntnisse werden durch die Partner in der HsH in Anwendungen überführt. Darüber hinaus kann die hsn auf ein exzellentes Netzwerk sowohl regionaler als auch internationaler Kooperationspartner zugreifen.

*is also to promote young female scientists, on the one hand hsn wants to win preferably many women, on the other hand hsn will support and encourage them in a special way. For the best scholars, hsn offers after an evaluation a fast-track option, to which the funding with a scholarship will begin already during the master time. Then the master's degree is acquired and after two more years the doctorate is completed.*

*The hsn will find their spatial base in the newly constructed research building of the LNQE. This nanotechnology research building offers the newest laboratories and clean rooms for advanced research and the office space is ideally designed for communicative interaction, so that the PhD-students can be trained together "under one roof".*

*The hsn brings together partners from the LNQE and from the Hochschule Hannover (HsH). This makes it possible to give outstanding graduates of HsH access to doctoral studies. The supervision of doctoral students is taken jointly by partners from the Leibniz Universität Hannover and the Hochschule Hannover. The results of basic research obtained in LNQE are transferred by the partners from HsH into applications. In addition, the hsn has an excellent network of both regional and international partners.*

## **Pressespiegel 2012** ***Press Review 2012***

[„Nanotechnologie von innen betrachtet“](#)  
AlumniCampus

02.02.2012

[„Millionen für Forscher in aller Welt“](#)  
Hannoversche Allgemeine

07.02.2012

[„Optimale Voraussetzungen in Niedersachsen“](#)  
Checkpoint Karriere Niedersachsen/Bremen 2012

03/2012

[„4,1 Millionen Euro für die Uni“](#)  
Hannoversche Allgemeine

04.10.2012

[„Hannover School for Nanotechnology“](#)  
Material-Kompass – Das Magazin der Landesinitiative Nano- und Materialinnovationen Niedersachsen

11/2012

**LNQE** Laboratorium für Nano- und Quantenengineering

**Leibniz Universität Hannover**

**NanoDay 2012**  
**Donnerstag 27.09.2012**

Vorträge: Appelstr. 4, 30167 Hannover, Multimediahrrsaal, Technische Informatik (Gebäude 3703)  
Postersitzung: Schneideberg 39, 30167 Hannover, Foyer, Laboratorium für Nano- und Quantenengineering (Gebäude 3430)

**Programm**

09:15 Begrüßung durch Ralf Heig

09:15 - 10:45 Sitzung I (im Multimediahrrsaal)

„Kernreine Quantensysteme bei ultrakalten Temperaturen“  
S. Duppel, Institut für Quantenoptik

„Nanostreifen zur Erzeugung einzelner und schwacher Magnetonen“  
R. Krüger, Institut für Materialwissenschaften

„Kontrollierte SiGe Nanopartikel für die elektrolitische Wasserstoffherstellung“  
A. Christ, Institut für Angewandte Chemie

10:45 - 11:15 Kaffeepause

11:15 - 12:15 Sitzung II

„Form- und Zusammensetzungseffekte von Nanostreifen durch schichtweise Wachstum“  
D. Dahn, Institut für Physikalische Chemie und Elektrochemie

„Spatial modulation of Si nanowire growth using plasmas“  
A. Erdemir, U. Zenzel, Laser Zentrum Hannover e.V.

12:20 Tagelunch

12:30 - 13:30 Posterpräsentation

13:30 - 15:00 Posterpräsentation im LNQE-Forschungsbau

15:00 - 16:15 Sitzung im Foyer des Forschungsbau

16:15 - 18:45 Sitzung III

„SiGe Nanostreifen auf Si Nanostreifen“  
D. Dahn, Institut für Physikalische Chemie und Elektrochemie

„SiGe Nanostreifen auf Si Nanostreifen“  
D. Dahn, Institut für Physikalische Chemie und Elektrochemie

„Photolumineszenz-Messung an Mischkristall-Quantenpunkten“  
T. Kuehn, Institut für Technische Chemie

Im Anschluss:  
Gemeinsamer Ausklang des NanoDay 2012 im LNQE-Forschungsbau

www.LNQE.uni-hannover.de

Gäste sind herzlich willkommen!

## NanoDay 2012

### NanoDay 2012

#### Der achte NanoDay des LNQE in Hannover

Am Donnerstag, den 27. September 2012 fand der jährliche NanoDay des Laboratoriums für Nano- und Quantenengineering (LNQE) in Hannover statt. In Vorträgen und einer Postersitzung wurden die neusten Forschungsergebnisse aus den interdisziplinären Arbeitsgruppen auf dem Gebiet Nanotechnologie präsentiert.

Die durch den Freundeskreis der Leibniz Universität Hannover geförderten Posterpreise gingen dieses Jahr an:

#### The eighth NanoDay of LNQE in Hannover

On Thursday 27th September 2012 the annual NanoDay of the Laboratory of Nano and Quantum Engineering (LNQE) took place in Hannover/Germany. In lectures and a poster session the latest research results from the interdisciplinary working groups in the field of nanotechnology were presented.

The Poster prizes funded by the Friends of the Leibniz University Hannover were awarded this year to:

#### „Preparation of large step-free mesas on Si(111) by molecular beam epitaxy“

J. Krügener, A. Fissel, H. J. Osten

Institut für Materialien und Bauelemente der Elektronik, Leibniz Universität Hannover

#### „Luminescent TiO<sub>2</sub> nanoparticles?“

J. Schneider, R. Dillert, D. Bahnemann

Institut für Technische Chemie, Leibniz Universität Hannover

#### „Quantum interference in an electron-hole graphene ring system“

Dmitri Smirnov

Institut für Festkörperphysik, Abteilung Nanostrukturen

**Vorträge des NanoDay 2012/Talks of the NanoDay 2012:****„Kontrollierte Quantenchemie bei ultrakalten Temperaturen“**

S. Ospelkaus

Institut für Quantenoptik, Leibniz Universität Hannover

**„Nanoschichten zur Erfassung starker und schwacher Magnetfelder“**

R. Kruppe, A. Wienecke, M. Wurz und L. Rissing

Institut für Mikroproduktionstechnik, Produktionstechnisches Zentrum, Leibniz Universität Hannover

**„Nanoporöse Silica Nanopartikel für biomedizinische Anwendung“**

A. Christel, A. Neumann, S. Williams, C. Kasper, P. Behrens

Institut für Anorganische Chemie, Leibniz Universität Hannover

**„Form- und Zusammensetzungskontrolle von Nanokristallen durch kolloidchemische Methoden“**

D. Dorfs

Institut für Physikalische Chemie und Elektrochemie, Leibniz Universität Hannover

**„Optical magnetism of Si nanoparticles: Theory and experiment“**

A. Evlyukhin, U. Zywietz, C. Reinhardt, and B. Chichkov

Laser Zentrum Hannover e.V., Nanotechnology Department

**„Einfluss von Schichtspannung auf die dielektrischen Eigenschaften von Seltenen Erden Oxiden“**

D. Schwendt und H. J. Osten

Institut für Materialien und Bauelemente der Elektronik, Leibniz Universität Hannover

**„Riesenmagnetowiderstand in hochbeweglichen zweidimensionalen Elektronensystemen“**

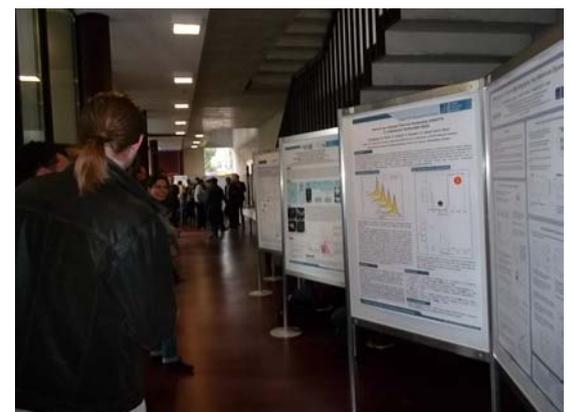
L. Bockhorn und R. Haug

Institut für Festkörperphysik, Abteilung Nanostrukturen, Leibniz Universität Hannover

**„Photokatalytische Wasserspaltung an Mischoxidkatalysatoren“**

I. Ivanova, T. Kandiel, R. Dillert, D. Bahnemann

Institut für Technische Chemie, Leibniz Universität Hannover





# NanoDay 2012



**Termine in 2012*****Dates in 2012***

- 18.01.2012 LNQE-Kolloquium  
[Längen- und Winkelmesstechnik für Präzisionsmaschinen](#)  
Dr. W. Holzapfel  
Heidenhain GmbH, 83292 Traunreut, Deutschland,
- 19.03.2012 LNQE-Sondervortrag  
[Correlated Electrons in Quantum Hall Systems](#)  
Prof. Dr. Klaus von Klitzing  
Max-Planck-Institut für Festkörperforschung  
Heisenbergstr. 1, D-70569 Stuttgart, Germany
- 06.06.2012 LNQE-Vortrag  
[Graphen im LNQE](#)  
R.J. Haug, H. Pfnür  
Institut für Festkörperphysik, Leibniz Universität Hannover  
Appelstr. 2, D- 30167 Hannover
- 11.07.2012 LNQE-Vortrag  
[Nanoporöse Materialien in neuartigen Anwendungen](#)  
Peter Behrens  
Institut für Anorganische Chemie, Leibniz Universität Hannover  
Callinstr. 9, 30167 Hannover
- 11.-12.09.2012 Informationsveranstaltung und Führung  
[Hochschulinformationstage: Studiengang Nanotechnologie](#)
- 27.09.2012 Workshop  
[NanoDay2012](#)  
Der achte NanoDay des LNQE
- 24.10.2012 LNQE-Kolloquium  
[Nanomagnet Logik](#)  
Wolfgang Porod  
Dept. of Electrical Engineering, University of Notre Dame,  
Notre Dame, Indiana 46556, USA
- 07.11.2012 LNQE-Kolloquium  
[Nano- und makroporöses kristallines Silizium für die Photovoltaik](#)  
Rolf Brendel  
Institut für Solarenergieforschung (ISFH)  
Institut für Festkörperphysik, Leibniz University Hannover (LUH)
- 10.11.2012 Vorträge und Führungen  
[Die Nacht, die Wissen schafft - Im LNQE](#)
- 26.11.2012 Infoveranstaltung zu MINT-Fächern  
[Niedersachsen-Technikum im Laboratorium für Nano- und Quantenengineering zum Thema:Nanotechnologie](#)
- 05.12.2012 LNQE-Vortrag  
[Materialien und Bauelemente für zukünftige Si-basierte Elektronik](#)  
H. Jörg Osten und Tobias Wietler  
Institut für Materialien und Bauelemente der Elektronik  
Leibniz Universität Hannover  
Schneiderberg 32, 30167 Hannover

## Forschungsbau Research Building

Zur Verwirklichung seiner Ziele betreibt das LNQE ein eigenes Forschungsgebäude in Hannover. Die Labore (435 m<sup>2</sup>), der Forschungsreineinraum (409 m<sup>2</sup>) und die Büroräume (509 m<sup>2</sup>) für ca. 44 Personen werden für interdisziplinäre Projekte, insbesondere aus erfolgreich eingeworbenen, größeren Drittmittelprojekten der Mitglieder genutzt.

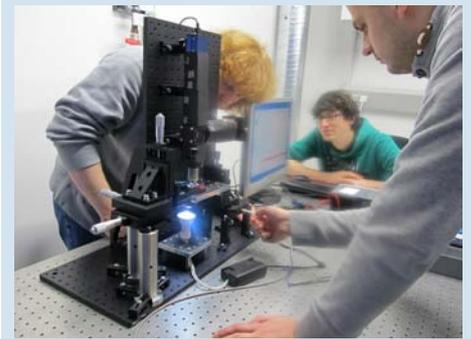
Der Forschungsbau wurde vom Land Niedersachsen und mit Bundesmitteln nach einer Empfehlung durch den Wissenschaftsrat (nach Art. 91b Grundgesetz) in besonderer Weise gefördert und ist nach zweijähriger Bauzeit am 20. November 2009 fertig gestellt worden.

Durch das Gebäude werden hochwertige Infrastruktur und Technologien zur Verfügung gestellt, die den einzelnen Arbeitsgruppen in Ihren Instituten nicht zur Verfügung stehen. Die offene Bauweise verstärkt nach dem Konzept „Sehen und Begegnen“ den täglichen Kontakt der Wissenschaftler aus den unterschiedlichen Fächern. Dadurch wird es möglich, komplexe Problemstellungen zu lösen, die Kompetenzen aller Fachrichtungen bei allen Teilschritten der

*To achieve its objectives LNQE operates its own research building in Hanover. The laboratories (435 m<sup>2</sup>), research clean room (409 m<sup>2</sup>) and offices (509 m<sup>2</sup>) for about 44 persons are used for interdisciplinary projects, particularly from successfully acquired third-party funded large projects of the members.*

*The new research building was funded by Lower Saxony and with federal funds after a recommendation by the German Wissenschaftsrat (under Article 91b Basic Law) in a special way, and is completed after two years of construction on 20th November 2009.*

*By the building high quality infrastructure and technologies are made available to the various working groups that are in their institutes are not available. The open design of the building enhances by the concept of “see and meet” the daily contact between scientists from different disciplines. This makes it possible to solve complex problems that require the skills of all disciplines at all stages of the problem simultaneously. This differs markedly from the usual sequential work-sharing in joint projects*



LNQE-Forschungsbau am Schneiderberg 39, 30167 Hannover, Deutschland/*LNQE research building at Schneiderberg 39, 30167 Hannover, Germany*



Problemlösung gleichzeitig benötigen. Dies unterscheidet sich deutlich von der sonst üblichen sequenziellen Arbeitsaufteilung in Verbundprojekten und ist somit national, wenn nicht sogar international, vorbildlich und beispielhaft. Durch die Beteiligung von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus den Natur- und Ingenieurwissenschaften werden hierbei sowohl die Grundlagen, als auch mögliche neuartige Anwendungen von Anfang an gleichwertig in der Forschung berücksichtigt.

Zentraler Bestandteil des Forschungsbaus ist der Reinraum. Er ist nach ISO5 / RK 100 im Handlingbereich und ISO6 / RK1000 in den Fluren zertifiziert. Die Hauptfläche des Reinraums ist in mehrere Unterräume unterteilt, in denen sich eine komplette Linie für die Mikroelektronik befindet, d. h. es können ausgehend von einem Wafer komplett alle Prozessschritte ausgeführt werden, um neuartige Bauelemente als Prototypen herzustellen. Durch die Aufteilung in zwei Lithografiebereiche ist sowohl die Bearbeitung von Element- als auch von Verbindungshalbleiter möglich (wobei die Linie hauptsächlich für Silizium ausgelegt ist). Hinzu kommen einige Messräume für Experimente unter Reinraumbedingungen.

*and is nationally, if not international, model and best-practice example. By participation of scientists and engineers both the fundamentals as well as possible new applications are considered equivalent in research from the beginning.*

*A central part of the research building is the clean room. He is certified to ISO5 / RK 100 in the handling area and ISO6 / RK1000 in the floors. The main area of the clean room is divided into several subspaces, in which an entire line for microelectronics is, ie starting from a wafer all process steps can be performed to create novel devices as prototypes. By dividing the lithography into two areas, it is possible to process both element and compound semiconductors (where the line is designed primarily for silicon). There are also some measuring rooms for experiments under clean room conditions.*

### Zahlen und Fakten

#### Räume/Hauptnutzflächen

- Labore (435 Quadratmeter): Laserlabore, Chemielabore, Messlabore
- Forschungsreinraum (409 Quadratmeter)
- Büroräume für 44 Personen (509 Quadratmeter)

#### Personen

- Betreiberteam
- 36 Wissenschaftler aus den Bereichen Bauingenieurwesen, Chemie, Elektrotechnik, Maschinenbau und Physik
- 4 Gastwissenschaftler

#### Baukosten

- 14 Mio. Euro

#### Förderung

- Der Forschungsbau wird nach einer erfolgreichen Evaluation durch den Wissenschaftsrat (nach Artikel 91b Abs. 1 Nr. 3 des Grundgesetzes) durch den Bund gefördert

#### Bauzeit

- ca. 24 Monate
- Die feierliche Schlüsselübergabe war am 20. November 2009

### Numbers and Facts

#### Rooms/main usable area

- Labs (435 square meters): laser laboratories, chemical laboratories, test laboratories
- Research clean room (409 square meters)
- Office space for 44 people (509 square meters)

#### People

- Operator team
- 36 scientist from the fields of civil engineering, chemistry, electrical engineering, mechanical engineering and physics
- 4 guest scientists

#### Construction costs

- 14 Mio. euro

#### Funding

- The new construction is funded with federal funds after a recommendation by the German Wissenschaftsrat (under Article 91b para 1 nr. 3 of the Basic Law of Germany ("Grundgesetz"))

#### Construction time

- about 24 month
- The handover was at 20th November 2009

## Geräte im Forschungsbau *Equipment in the Research Building*

### Reinraum allgemein

Der Reinraum ist nach ISO5 / Reinraumklasse 100 im Handlingbereich und ISO6 / Reinraumklasse 1000 in den Fluren zertifiziert. Die gemessenen Werte sind besser, es wird Reinraumklasse 10 im Handlingbereich und sonst Reinraumklasse 100 erreicht.

Allgemein: Temperatur: 22 °C +/- 2, Luftfeuchtigkeit 40...60 %



### Fotolithografie im Gelblichtbereich für Silizium

Hier: Temperatur: 22 °C +/- 1, Luftfeuchtigkeit 40 +/- 5 %

Lackschleuder

Maskaligner (Süss MA 150, Auflösungsgrenze liegt bei ca. 1000 nm)

Nassbank



### Fotolithografie im Gelblichtbereich für III-V Halbleiter

Hier: Temperatur: 22 °C +/- 1, Luftfeuchtigkeit 40 +/- 5 %

Lackschleuder

Maskaligner (Süss MA 6, Auflösungsgrenze liegt bei ca. 700 nm)

Nassbank





### Reinigung, nasschemisches Ätzen

RCA-Reinigung (SC-1, SC-2), Piranha-Lösung, HF-Dip, div. Säuren



### Plasma Asher

Plasma Asher TePla 100



### Lichtmikroskope



### Ellipsometer

Ellipsometer Sentech SE800 für spektrale Ellipsometrie, 250-800 nm Wellenlänge, automatisch fahrende Stage, Proben bis 8-Zoll, Mapping, Modelle für Halbleiter und Isolatoren vorhanden, spezielle Modelle auf Anfrage.



### Konfokalmikroskop incl. Interferometer

Konfokalmikroskop mit integrierten Mirau-Interferometer von Leica Typ DCM3D. Konfokale Vergrößerungen 100, 200, 500 und 1500-fach, Interferometer 500-fach. Auflösungen liegen konfokal bei etwa 1 nm, mittels Interferometer deutlich darunter.

### Reflektometer Leica

Reflektometer von Leica zur Schichtdickenmessung insbesondere von Oxiden



### Schnellheiztools

RTP (Rapid Thermal Processing) SHS 1000 von AST zur Herstellung von Oxiden und zum Tempern. Nur für sehr reine Wafer.



Es handelt sich hier um zwei vom MBE selbst gebaute RTPs. Das rechte System ist für Temperaturen bis etwa 950°C und zum Tempern von Metallen geeignet, das Linke bis 1100°C, saubere Wafer (keine Metalle). An beiden Geräten sind die Gase N<sub>2</sub>, Ar, O<sub>2</sub> und N<sub>2</sub>H<sub>2</sub> verfügbar.



### Polyimidofen

Polymidofen Centrotherm zur Langzeittemperung bis 900 °C, Proben bis 4-Zoll, angeschlossene Gase: N<sub>2</sub>, Ar



### Reaktive Ionenätzanlage

Reaktive Ionenätzanlage von Alcatel, ein Einzelwaferensystem für Proben bis 4-Zoll, angeschlossene Gase: O<sub>2</sub>, Ar, SF<sub>6</sub>, CHF<sub>3</sub>, zum Ätzen von Metallen, Halbleitern und Isolatoren, 300W Generator, Quarz- und Alu-Teller, heizbarer Rezipient, Drehschieber+Turbopumpe, Basisdruck 1.0 x 10<sup>-6</sup> mBar





### PECVD

Plasmaunterstützte chemische Gasphasenabscheidung (PECVD) Oxford Plasmalab 90, Proben bis 4-Zoll, Teller bis 400 °C heizbar, Loadlock, Turbopumpe an der Kammer, angeschlossene Gase: N<sub>2</sub>, Ar, He, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>, H<sub>2</sub>, SiH<sub>4</sub>, GeH<sub>4</sub>, TEOS, Drehschieber+Roots-Pumpe



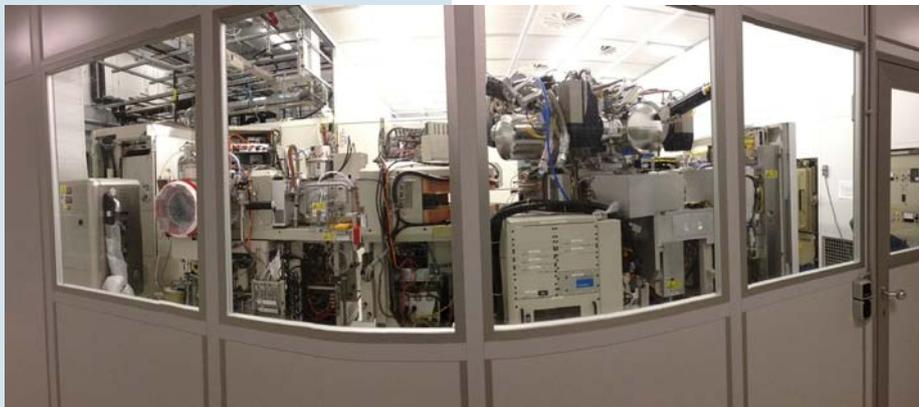
### Sputteranlage

Kathodenzerstäubungsanlage Leybold Z590 zum Sputtern von Metallen und Isolatoren (DC 5.0 kW und RF 2.5 kW), Proben bis 8-Zoll, 4 Targetplätze, Magnetronsputtern durch Homogenitätsblenden, Strahlungsheizer bis 450 °C, Co-Sputtern von zwei Targets mit unterschiedlichen Leistungen, angeschlossene Gase: Ar, N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, verfügbare Materialien: AlSi, Ta, Hf, BN, Ti, W, Si, CoSi, andere Materialien auf Anfrage, Drehschieber+Turbopumpe, Loadlock, LN<sub>2</sub>-Kühlfalle, Basisdruck 2.0 x 10<sup>-7</sup> mBar.



### Elektronenstrahlverdampfer

Elektronenstrahlverdampfer Balzers BAK 610 mit zwei Verdampfern, ein 4-fach Revolvertiegel, ein Einzeltiegel, Co-verdampfbar, Proben bis 4-Zoll, verfügbare Materialien: HfO<sub>2</sub>, Sb, Al, Cr, BN, Ni, Ti, Ta, Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Zn, Mg, Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, CaF, LaF, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, La<sub>2</sub>WO<sub>4</sub>, SrTiO<sub>3</sub>, AlPO<sub>4</sub>, LaAlO<sub>3</sub>, andere Materialien und Probengrößen auf Anfrage, Drehschieber+Öldiffusionspumpe, LN<sub>2</sub>-Kühlfalle, Basisdruck 5.0 x 10<sup>-7</sup> mBar.



### Ionenimplantation

Ionenimplanter VISta HCS von Varian. Im Aufbau.

## Vertikalofensystem

Vertikalofensystem Verticoo 200 von Centrotherm, Oxidationsrohr, vertikal, Oxidation trocken und feucht, Feuchtoxidation mit Steamer (Wasserdampf aus DI-Wasser) oder Hydrox-Brenner (Wasserdampf aus  $H_2$  und  $O_2$  verbrannt). Scheibengröße 150 und 200 mm, mit Adaptern auch 100 mm und „Stückchen“, Vollhandlingsystem, aber auch manuell bedienbar. Alle Oxidationsrohre haben einen DCE-Bubblers eingebaut.

Die Anlage ist im Rahmen einer Kooperation mit Fa. Centrotherm im LNQE-Forschungsbau aufgestellt.



## Senkrechtofensystem

Senkrechtofensystem von Centrotherm, Feucht- und Trockenoxid bis 1100 °C (<3 nm bis >1 µm), Proben bis 6-Zoll Durchmesser, angeschlossene Gase:  $N_2$ ,  $O_2$ ,  $H_2$ , DCE (Reinigung)



## Horizontalofensystem Oxidation und LPCVD

Horizontalofensystem Centrotherm „Europa 2000“ mit LPCVD mit folgender Bestückung der Anlage:

- Oben: SiC-Rohr bis 1285 °C, Oxidation trocken und feucht, Feuchtoxidation mit Steamer (Wasserdampf aus DI-Wasser) oder Hydrox-Brenner (Wasserdampf aus  $H_2$  und  $O_2$  verbrannt).
- Darunter: Polysilizium-Rohr, dotiert und undotiert, amorph und polykristallin, n und p mittels Phosphin und Diboran sowie mit Sauerstoff dotiert als SIPOS.
- Darunter: Nitrid-Rohr, stöchiometrisch ( $Si_3N_4$ ) und Si-reiches Nitrid mit niedrigen Verspannungen d.h. „low-stress-nitride“ herstellbar (kompressiver und tensiler Schichtstress).
- Darunter: LPCVD-TEOS-Rohr, Tieftemperatur-Oxide, momentan noch ohne Plasma-Unterstützung, Temperaturen ab 450°C.

Alle Rohre für 200 mm ausgelegt, Einsatzboote für rechteckige Solarwafer, runde 150 und 100 mm sowie 2" und 3" vorhanden. Alle Oxidationsrohre haben einen DCE-Bubblers eingebaut, um eine hochtemperatur-Reinigung mit Chlor zu ermöglichen. Damit erreicht man eine gute Metallionenfreiheit.

Die Anlage ist im Rahmen einer Kooperation mit Fa. Centrotherm im LNQE-Forschungsbau aufgestellt.





### Wafer-Probe Station

Wafer-Probe Station Cascade Summit 11000 zur elektrischen Charakterisierung von Proben bis 8-Zoll, Chucktemperaturen  $-65\text{ }^{\circ}\text{C}$  bis  $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ , digitales Kamerasystem mit 3CCD-Einheiten für drei unterschiedliche Vergrößerungen in Echtzeit.



### Transmissionselektronenmikroskop (TEM)

Das neue TEM im LNQE hat eine Beschleunigungsspannung von 200 kV und als Elektronenemitter eine Feldeffektkathode. Wichtigste Parameter sind:

- Gerätetyp: TEM Tecnai G2 F20 TMP von Fa. FEI
- 200 kV Feldeffekt FEG
- Ölfreies Vakuum
- TEM point resolution: 0,27 nm
- Information limit: 0,14 nm (gemessen!)
- STEM resolution: 0,24 nm
- 1 Hellfeld- und 2 Dunkelfeld-Detektoren +1 HAADF-Detektor
- Tomografie  $\pm 70^{\circ}$  (evtl. bis zu  $\pm 80^{\circ}$ )



### Ionendünnung zur TEM-Probenpräparation

Präzisions-Ionen-Polier-System PIPS von Fa. Gatan für kleine Beschusswinkel variabel zwischen  $0^{\circ}$  und  $\pm 10^{\circ}$  zur einseitigen und doppelseitigen Ionenstrahldünnung mit:

- LowEnergy Penning-Ionenquellen 0,1 – 6,0 kV
- Dual Beam Modulation zur Sektoren-Querschnittspräparation Proben-schleuse
- Probenhalter für ein- und doppelseitige Dünnung
- Ölfreiem Vakuumsystem
- Zoom-TV-Kamerasystem (400x bis 2600x)
- Cold Stage



### Wellenlängemessgerät

Wavelength meter HF-ANGSTROM WS-U-2 von TOPTICA Photonics, 350-1120 nm, mit Multichannel Option und Laser Control Option.

### Rasterelektronenmikroskop (REM)

Das Zeiss DSM 940A ist ein REM mit einer Wolfram-Glühkathode als Strahlenquelle. Es ist mit einer Bildeinzugseinheit ausgerüstet, welche es ermöglicht, Bilder in 100 Megapixeln zu erzeugen, und verfügt über 4 Everhardt-Thornley-Detektoren.

Gerät vom Institut für Mess- und Regelungstechnik



### Rasterkraftmikroskop (AFM)

Das AFM SIS UltraObjective lässt sich im kontaktlosen Modus und im Kontaktmodus betreiben und ist in einem Zeiss Mikroskop integriert, das sich sowohl als normales Lichtmikroskop als auch als Phasenkontrast und Dunkelfeldmikroskop betreiben lässt.

Gerät vom Institut für Mess- und Regelungstechnik



### Heißpräganlage

Die Heißpräganlage HEX 03 ist eine Präzisionsanlage zum Prägen und Warmabformen von mikrostrukturierten Werkzeugen in thermoplastische Kunststoffe (Polymere) mit Aspektverhältnissen bis 500.

Gerät vom Institut für Mess- und Regelungstechnik



### III-V Compact 21 MBE System

Ultrahochvakuum ( $10^{-11}$  Torr) Molekularstrahlepitaxie Anlage von RIBER zum Wachsen von hoch qualitativen Galliumarsenid basierten III-V Verbindungshalbleiter Schichtsystemen.

Verfügbare Materialien: Ga, As, Al, In  
Dotierstoff: Si (n-Typ)

Gerät vom Exzellenzcluster QUEST



### 4-Spitzen STM/SEM

Nanotechnologie-Großgerät 4-Spitzen STM/SEM von Fa. Omicron, das die Vorteile eines Rasterelektronenmikroskops (SEM) mit denen eines Rastertunnelmikroskops (STM) verknüpft und durch Aufsetzen der Spitzen auf Nanostrukturen elektrische 4-Punkt-Messungen im Ultrahochvakuum erlaubt

Gerät vom Institut für Festkörperphysik, Abteilung Atomare und Molekulare Strukturen





Kurs- und Modulkatalog Nanotechnologie.  
*Course and module catalog nanotechnology.*

## Studiengang Nanotechnologie Study Course Nanotechnology

Durch das LNQE initiiert, bietet die Leibniz Universität Hannover seit dem Wintersemester 2008/2009 den interdisziplinären Bachelorstudiengang Nanotechnologie an, seit dem Wintersemester 2011/2012 auch als Masterstudiengang. Der Studiengang Nanotechnologie vermittelt die Grundlagen in den Kernfächern Chemie, Elektrotechnik, Maschinenbau und Physik (ergänzt durch Mathematik), wobei den Erfordernissen, die aus der Nanotechnologie erwachsen, im Besonderen Rechnung getragen wird.

*Initiated by the LNQE, Leibniz Universität Hannover provides the interdisciplinary Bachelor study course nanotechnology since the winter semester 2008/2009 and also as a master's degree since the winter semester 2011/2012. The study course nanotechnology teaches the basics in the core subjects of chemistry, electrical engineering, mechanical engineering and physics (supplemented by mathematics), while the realization, arising from nanotechnology, is considered in particular.*

### Bachelorstudiengang Bachelor's degree

#### Struktur des Studienganges

Die Regelstudienzeit des Bachelorstudienganges Nanotechnologie beträgt sechs Semester. Die Ausbildung setzt sich zum einen aus Vorlesungen und Übungen zusammen. Darin werden Grundlagen und vertiefende Kenntnisse aus verschiedenen Studienschwerpunkten gelehrt. Darüber hinaus werden Tutorien angeboten, die dem Erwerb von Schlüsselkompetenzen dienen. Zum anderen erfolgt die praktische Ausbildung durch Laborpraktika, durch insgesamt 12 Wochen berufspraktische Tätigkeiten und Fachexkursionen sowie der Bachelorarbeit als Abschlussarbeit. Insgesamt sind 180 Leistungspunkte (LP) zu erreichen.

#### Grundlagenstudium

Der Bachelorstudiengang gliedert sich ein Grundlagenstudium und in ein Vertiefungsstudium. In den ersten drei Semestern des Grundlagenstudiums werden technische, mathematische und naturwissenschaftliche Kenntnisse vermittelt. Das Grundlagenstudium gliedert sich dabei in folgende Kompetenzfelder: Allgemein, Chemie, Elektrotechnik und Informatik, Maschinenbau, Mathematik, und Physik. Die Kurse der ersten drei Semester sind festgelegt.

#### Structure of the study course

*The standard period of study of the bachelor program nanotechnology is six semesters. The training is comprised of lectures and exercises on the one hand. It bases and in-depth knowledge from different study focusing taught. In addition, tutoring is offered to the acquisition of key competencies. On the other hand, the practical training occurs by lab courses, by a total of 12 weeks of practical training activities and study tours, and a bachelor thesis as complementary work. A total of 180 credit points (CP) is to be achieved.*

#### Foundation Study

*The bachelor's degree is divided into a basic study and a deeper study. In the first three semesters of study are studied the basis of technical, scientific and mathematical skills. The foundation study is divided into the following competency: general, chemistry, electrical engineering and computer science, mechanical engineering, mathematics, and physics. The courses of the first three semesters are determined.*

Grundlagenkurse/ <i>Foundation courses</i>	109 LP/ <i>CP</i>
Vorlesungen und Labore des Vertiefungsstudiums <i>Lectures and laboratory studies of the deepening study</i>	42 LP/ <i>CP</i>
Bachelorarbeit (300 Stunden)/ <i>Bachelor thesis (300 hours)</i>	12 LP/ <i>CP</i>
Fachpraktikum (12 Wochen)/ <i>Internship (12 weeks)</i>	15 LP/ <i>CP</i>
Fachexkursionen (3 Tage)/ <i>Study tours (3 days)</i>	2 LP/ <i>CP</i>
<b>Summe/Sum:</b>	<b>180 LP/<i>CP</i></b>

Übersicht über zu erbringende Leistungen im Bachelorstudium/*Overview of achievements to be proved in the bachelor's degree*

### Vertiefungsstudium

Im Vertiefungsstudium erfolgt eine fachliche Spezialisierung der erlernten Grundlagen in zwei von den Kompetenzfeldern Chemie, Elektrotechnik und Informatik, Maschinenbau und Physik, d. h. die Studierenden wählen sich zwei Kompetenzfelder nach ihren Wünschen aus und gestalten so ihren Stundenplan. Zusätzlich erfolgt eine weitere Spezialisierung durch die Belegung eines Wahl-Kompetenzfeldes aus dem Masterprogramm. Das Vertiefungsstudium beinhaltet darüber hinaus ein Praktikum, Fachexkursionen, die Studienarbeit und die Bachelorarbeit im 6. Semester.

### Fachpraktikum

Ein berufsbezogenes Fachpraktikum bildet einen wesentlichen Bestandteil des Studiums. Das 12 wöchige Fachpraktikum dient dem Erwerb von Erfahrungen in typischen Aufgabengebieten und Tätigkeitsbereichen von Absolventen und Absolventinnen in der beruflichen Praxis. Die Studierenden sollen Erfahrungen in der Anwendung ihrer im Studium erworbenen Kenntnisse und Fertigkeiten sammeln. Das Fachpraktikum ist daher durch die Eingliederung der Praktikanten und Praktikantinnen in ein Arbeitsumfeld von Ingenieuren oder entsprechend qualifizierten Personen mit überwiegend entwickelndem, planendem oder lenkendem Tätigkeitscharakter gekennzeichnet. Detaillierte Informationen zum Praktikum liefert die Praktikantenordnung.

### Deepening Study

*In the deepening study a specialization of the learned basics is carried out in two of the competence areas chemistry, electrical engineering and computer science, mechanical engineering and physics, that is the students choose two of competence in accordance with their wishes, and so shape their timetable. In addition, a further specialization by the choice of an electoral competence from the master program occurs. The deepening study also includes an internship, study tours, study thesis and the Bachelor thesis in the 6th Semester.*

### Internship

*An occupational internship is an essential part of the course. The 12 week co-op program serves the acquisition of experience in typical job fields and fields of activity of graduates in professional practice. The students will get experience in the application of their studies in the acquired knowledge and skills. The practical training is therefore characterized by the integration of the trainees in a work environment for engineers or suitably qualified persons with predominantly evolving, planning or leadership character. Detailed information about the internship gives the trainee order.*

Kompetenzfeld: Allgemein (4 LP)/ <i>Competence area: General (4 CP)</i>
Einführung in die Nanotechnologie/ <i>Introduction to nanotechnology</i>
Kompetenzfeld: Chemie (16 LP)/ <i>Competence area: Chemistry (16 CP)</i>
Einführung in die Allgemeine und Anorganische Chemie / <i>Introduction to General and inorganic chemistry</i>
Physikalische Chemie I/ <i>Physical chemistry I</i>
Kompetenzfeld: Elektrotechnik und Informatik (21 LP) <i>Competence area: Electrical engineering and computer science(21 CP)</i>
Grundlagen der Elektrotechnik I/ <i>Fundamentals of electrical engineering I</i>
Grundlagen der Elektrotechnik II/ <i>Fundamentals of electrical engineering II</i>
Grundpraktikum Elektrotechnik/ <i>Basic lab course electrical engineering</i>
Informationstechnisches Praktikum/ <i>Information technology practical</i>
Kompetenzfeld: Maschinenbau (16 LP) <i>Competence area: Mechanical engineering (16 CP)</i>
Mikro- und Nanotechnologie/ <i>Micro and nanotechnology</i>
Technische Mechanik I für Maschinenbau/ <i>Applied mechanics I for mechanical engineering</i>
Technische Mechanik II für Maschinenbau/ <i>Applied mechanics II for mechanical engineering</i>
Kompetenzfeld: Mathematik (26 LP) <i>Competence area: Mathematics (26 CP)</i>
Mathematik für Ingenieure I/ <i>Mathematics for engineers I</i>
Mathematik für Ingenieure II/ <i>Mathematics for engineers II</i>
Mathematik für Ingenieure III/ <i>Mathematics for engineers III</i>
Mathematik für Ingenieure IV/ <i>Mathematics for engineers IV</i>
Kompetenzfeld: Physik (26 LP)/ <i>Competence area: Physics (26 CP)</i>
Physik I – Mechanik und Relativität / <i>Physics I - Mechanics and relativity</i>
Physik II - Elektrizität/ <i>Physics II - Electricity</i>
Physik III - Optik, Atomphysik, Quantenphänomene/ <i>Physics III - Optics, atom physics, quantum phenomena</i>
Grundpraktikum Physik/ <i>Basic lab course physics</i>

### Kurse im Grundlagenstudium/*Courses of the foundation study*

#### Labore

Im Rahmen des Studiums müssen die Studierenden drei verschiedene Labore absolvieren. Als Labore sind ein Halbleitertechnologie-Labor, ein Laborpraktikum Festkörperphysik sowie ein Mikrotechnik-Labor vorgesehen.

#### Fachexkursionen

Fachexkursionen zu Firmen, Forschungseinrichtungen oder Fachmessen in einem Umfang von drei Tagen.

#### Lab courses

*As part of the study course, students must complete three different lab courses. As semiconductor technology lab course, a solid-state physics lab course and a microtechnology lab course are provided.*

#### Study tours

*Excursions to companies, research institutions or trade fairs in an amount of three days.*

Kompetenzfeld: Chemie (17 LP)/ <i>Competence area: Chemistry (17 CP)</i>
Instrumentelle Methoden I/ <i>Instrumental methods I</i>
Anorganische Chemie I/ <i>Inorganic chemistry I</i>
Technische Chemie I/ <i>Technical chemistry I</i>
Kompetenzfeld: Elektrotechnik und Informatik (16LP) <i>Competence area: Electrical engineering and computer science(16 CP)</i>
Grundlagen der Materialwissenschaften/ <i>Basics of Materials Science</i>
Grundlagen der Messtechnik/ <i>Basics of Metrology</i>
Grundlagen der Halbleiterbauelemente/ <i>Basics Semiconductor Devices</i>
Sensorik und Nanosensoren/ <i>Sensor Technology and Nanosensors</i>
Kompetenzfeld: Maschinenbau (16 LP) <i>Competence area: Mechanical engineering (16 CP)</i>
Entwicklungs- und Konstruktionsmethodik I/ <i>Development and design methodology I</i>
Mikro- und Nanosysteme/ <i>Micro and nano systems</i>
Werkstoffkunde/ <i>Material science</i>
Kompetenzfeld: Physik (16 LP)/ <i>Competence area: Physics (16 CP)</i>
Einführung in die Festkörperphysik/ <i>Introduction to Solid State Physics</i>
Elektronik und Messtechnik/ <i>Electronics and measurement technology</i>
Wahl- Kompetenzfeld: Spezialisierung (10 LP) <i>Competence area of choice: Specialization (10 CP)</i>
Wahl-Kompetenzfeld (aus dem Katalog der Wahl-Kompetenzfelder des Masterstudiengangs), mindestens ein Pflicht- und ein Wahlfach/ <i>Election competence area (from the catalog of the election competence areas of the masters course) , at least a compulsory and an elective subject</i>

Kurse im Vertiefungsstudium/*Courses of the deepening study*

### Bachelorarbeit

Den Abschluss des Studiums bildet die Bachelorarbeit mit einer Gesamtdauer von drei Monaten. Die Bachelorarbeit soll zeigen, dass der Prüfling in der Lage ist, innerhalb einer vorgegebenen Frist ein Problem selbstständig nach wissenschaftlichen Methoden zu bearbeiten. Die Art der Aufgabe und die Aufgabenstellung müssen mit der Ausgabe des Themas festliegen. Die Bachelorarbeit muss von zwei Prüfern bewertet werden. Sie kann in der Form einer Gruppenarbeit angefertigt werden. Der als Prüfungsleistung zu bewertende Beitrag des einzelnen Prüflings muss aufgrund der Angabe von Abschnitten, Seitenzahlen oder anderer objektiver Kriterien deutlich abgrenzbar und für sich zu bewerten sein. Nähere Informationen zur Bachelorarbeit sind der Prüfungsordnung zum Studiengang „Nanotechnologie“ zu entnehmen.

### Bachelor thesis

*The completion of the course is the bachelor thesis, with a total duration of three months. The bachelor thesis is to show that the student is in a position to solve a problem alone within a specified time according to scientific methods. The nature of the task and the challenge must be compatible with the output of the issue are set. The bachelor thesis must be evaluated by two reviewers. It may be in the form of a working group be made. The performance audit assessed contribution of each candidate must be a result of the indication of the sections, page numbers or other objective criteria clearly identifiable and are to be valued. Further information on the bachelor thesis can be taken from the examination rules of the study course „nanotechnology“.*

## Masterstudiengang Master's degree

Der akkreditierte Masterstudiengang Nanotechnologie ist als Weiterführung des Bachelorstudiengangs Nanotechnologie konzipiert. Neben den Bachelorabsolventinnen und -absolventen der Nanotechnologie steht er aber auch den Studienrichtungen Maschinenbau, Elektrotechnik, Chemie und Physik offen. Die Regelstudiendauer beträgt vier Semester, wovon ein Semester auf die Masterarbeit entfällt. Insgesamt sind 120 Leistungspunkte (LP) zu erreichen.

### Grundlagenkurse

Die Grundlagenkurse des Pflicht-Kompetenzfeldes sind von allen Studierenden zu besuchen und vermitteln wichtige Kenntnisse aus den Methoden der Nanotechnologie.

### Wahlkompetenzfelder

Neben den Grundlagenkursen sind von den Studierenden drei der angebotenen Wahlkompetenzfelder als Vertiefungsfächer zu wählen:

- Chemie
- Chemie der Nanowerkstoffe
- Lasertechnik/Photonik
- Materialphysik
- Mikro- und Nanoelektronik
- Mikroproduktionstechnik
- Nano- und Mikroprozessertechnik
- Biomedizintechnik

Die Wahlkompetenzfelder gliedern sich wiederum in Pflicht- und Wahlveranstaltungen. Die zu erreichende Gesamtpunktzahl der Wahlfelder beträgt mindestens 48 LP.

*The accredited master study course nanotechnology is designed as continuation of the bachelor course nanotechnology. In addition to the bachelor's graduates in nanotechnology, he is also open to the study of mechanical engineering, electrical engineering, chemistry and physics. The standard course duration is four semesters with one semester for the Master's thesis. A total of 120 credit points (CP) must be reached.*

### Foundation courses

*The foundation courses of the mandatory competence area have to be attended by all students and provide important skills on the methods of nanotechnology.*

### Competence areas of choice

*Besides the foundation courses three of the competence areas of choice are to be chosen as majors by the students:*

- Chemistry
- Chemistry of nanomaterials
- Laser Technology / photonics
- Materials physics
- Micro and nanoelectronics
- Micro production technology
- Nano and Micro process technology
- Biomedicintechnology

*The competence areas of choice are themselves divided into compulsory and optional courses. The total score on areas of choice that has to be achieved is at least 48 CP.*

Pflicht-Kompetenzfeld „Methoden der Nanotechnologie“/Mandatory competence area “methods of nanotechnology”	17 LP/CP
3 Wahlkompetenzfelder/3 Competence areas of choice	48 LP/CP
3 Wahlkurse/3 Courses of choice	12 LP/CP
3 Labore 360 Stunden/ 3 Lab courses 360 hours	12 LP/CP
Fachexkursionen 2 Tage/Study tours 2 days	1 LP/CP
Masterarbeit 6 Monate/Master thesis 6 month	30 LP/CP
<b>Summe/Sum:</b>	<b>120 LP/CP</b>

Übersicht über zu erbringende Leistungen im Masterstudium/Overview of achievements to be proved in the master's degree

Die Liste der Wahlveranstaltungen der Pflicht- und Wahlkompetenzfelder kann durch den Prüfungsausschuss erweitert werden.

### Wahlkurse

Mind. 3 Wahlkurse aus dem Angebot der Leibniz Universität (Studium Generale) einschließlich der Kompetenzfelder.

### Labore

Im Rahmen des Studiums müssen die Studierenden drei verschiedene Labore absolvieren. Als Labore sind ein Halbleitertechnologie-Labor, ein Laborpraktikum Festkörperphysik sowie ein Mikrotechnik-Labor vorgesehen.

### Fachexkursionen

Fachexkursionen zu Firmen, Forschungseinrichtungen oder Fachmessen in einem Umfang von zwei Tagen.

### Masterarbeit

Den Abschluss des Studiums bildet die Masterarbeit mit einer Gesamtdauer von sechs Monaten.

*The list of optional courses of compulsory and optional competence areas can be extended by the Examining Committee.*

### Courses of choice

*At least 3 courses of choice on offer of Leibniz Universität (Studium Generale) including the competence areas.*

### Lab courses

*As part of the study course, students must complete three different lab courses. As semiconductor technology lab course, a solid-state physics lab course and a microtechnology lab course are provided.*

### Study tours

*Study tours to companies, research institutions and trade shows to an extent of two days.*

### Master's Thesis

*The completion of the study course is the Master's thesis with a total duration of six months.*

Leibniz Universität Hannover

Laboratorium für Nano- und Quantenengineering

Suchbegriff

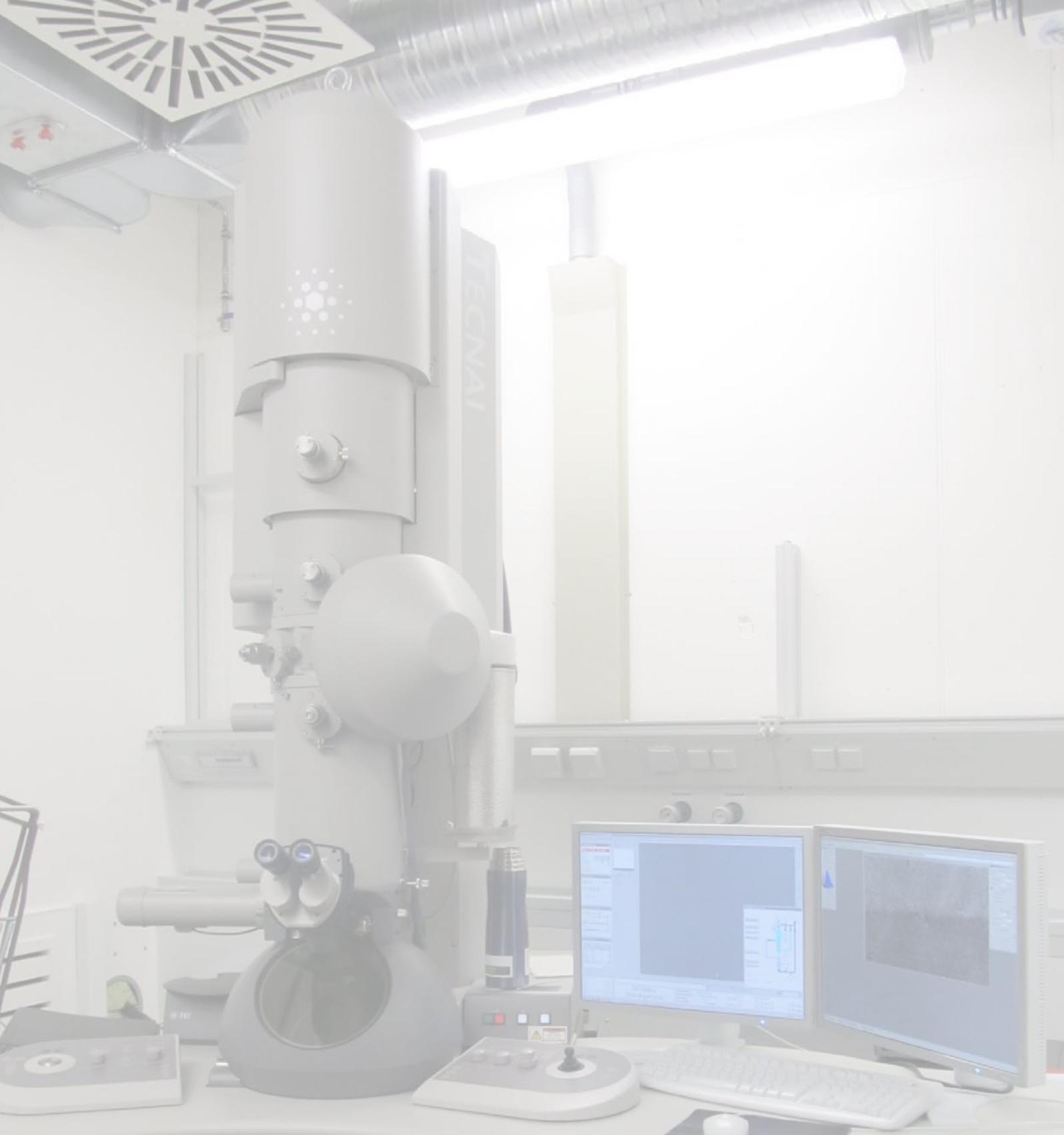
LNQE > Lehre > Studiengang Nanotechnologie

Studiengang Nanotechnologie

Nanotechnologie studieren in Hannover

Die Fakultäten für Elektrotechnik und Informatik, für Maschinenbau, für Mathematik und Physik sowie die Naturwissenschaftliche Fakultät der Leibniz Universität Hannover bieten erstmals ab dem Wintersemester 2000 gemeinsam den interdisziplinären Studiengang Nanotechnologie an. Der Bachelorstudiengang führt einerseits zu einem ersten berufsqualifizierenden Abschluss, andererseits befähigt er zur Fortsetzung des Studiums im konsekutiven forschungsorientierten Masterstudiengang. Durch das 2003 erbaute Produktionstechnische Zentrum Hannover (PZH) sowie den Neubau des Laboriums für Nano- und Quantenengineering (LNQE) verfügt die Universität über eine hoch moderne Ausstattung. Dies sind optimale Voraussetzungen, um nicht nur Spitzenforschung am Standort Hannover betreiben zu können, sondern auch mit hochqualitativer Lehre den zukünftigen Bedarf an Fachkräften zu sichern.

Website zum Studiengang: [www.lnqe.uni-hannover.de/study\\_nano.html](http://www.lnqe.uni-hannover.de/study_nano.html)  
 Website of the study course: [www.lnqe.uni-hannover.de/study\\_nano.html](http://www.lnqe.uni-hannover.de/study_nano.html)



Leibniz Universität Hannover  
Laboratorium für Nano- und Quantenengineering  
Schneiderberg 39  
30167 Hannover  
Germany

[www.LNQE.uni-hannover.de](http://www.LNQE.uni-hannover.de)