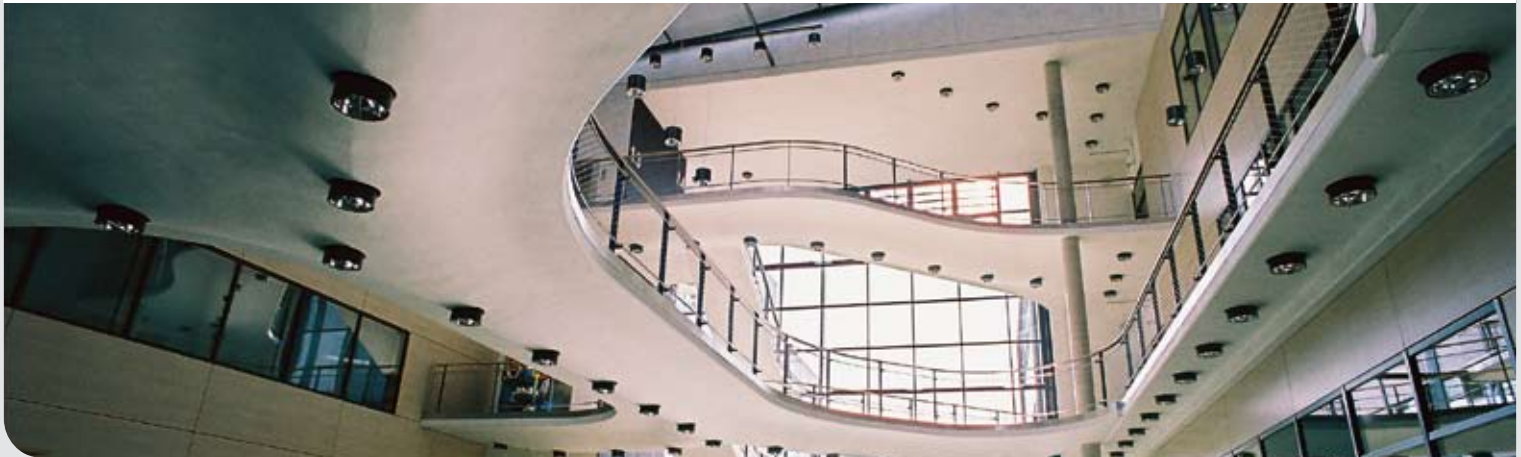


INSTITUT FÜR NANOTECHNOLOGIE | INSTITUTE OF NANOTECHNOLOGY



## Organisation/Organization

### Geschäftsführender Direktor/Managing Director

Prof. Dr.-Ing. Horst Hahn

### Direktoren/Directors

Prof. Dr. Jean-Marie Lehn,

Prof. Dr. Manfred Kappes

### Arbeitsgruppenleiter/Group Leader

Prof. Dr. Hans-Jörg Fecht,

Prof. Dr. Harald Fuchs,

Prof. Dr.-Ing. Horst Hahn,

Prof. Dr. Manfred Kappes,

Prof. Dr. Willem Klopper,

Prof. Dr. Jean-Marie Lehn,

Prof. Dr. Marcel Mayor,

Prof. Dr. Alexander Mirlin,

Prof. Dr. Annie Powell,

Prof. Dr. Thomas Schimmel,

Prof. Dr. Gerd Schön,

Prof. Dr. Hilbert von Löhneysen,

Prof. Dr. Martin Wegener,

Prof. Dr. Peter Wölfle

### Nachwuchsgruppenleiter/Young Researcher Group Leader

Dr. Romain Danneau,

Dr. Georg von Freymann,

Dr. Igor Gornyi,

Dr. Sylvio Indris,

Dr. Ralph Krupke,

Dr. Stefan Linden

**Internetpräsenz/Homepage** [www.int.kit.edu](http://www.int.kit.edu)

**E-Mail** [office@int.kit.edu](mailto:office@int.kit.edu)

### Anschrift/Adress

Hermann-von-Helmholtzplatz 1, Bau 640,

76344 Eggenstein Leopoldshafen



## Inhalt/Content

Das Institut für Nanotechnologie  
The Institute of Nanotechnology

5 Karlsruhe NanoMikro Facility  
Karlsruhe NanoMikro Facility 35

Arbeitsgruppen am INT  
INT's Research Groups

7 INT's Young Researcher Groups 37

Arbeitsgruppe Fecht  
Research Group Fecht

9 Nachwuchsgruppe Danneau  
Young Researcher Group Danneau 39

Arbeitsgruppe Fuchs  
Research Group Fuchs

11 Nachwuchsgruppe v. Freymann  
Young Researcher Group Freymann 41

Arbeitsgruppe Hahn  
Research Group Hahn

13 Nachwuchsgruppe Gornyi  
Young Researcher Group Gornyi 43

Arbeitsgruppe Kappes  
Research Group Kappes

15 Nachwuchsgruppe Indris  
Young Researcher Group Indris 45

Arbeitsgruppe Klopper  
Research Group Klopper

17 Nachwuchsgruppe Krupke  
Young Researcher Group Krupke 47

Arbeitsgruppe Lehn  
Research Group Lehn

19 Nachwuchsgruppe Linden  
Young Researcher Group Linden 49

Arbeitsgruppe Mayor  
Research Group Mayor

21 Wissenschaftsunterstützung  
Science Support 51

Arbeitsgruppe Mirlin/Wölfle  
Research Group Mirlin/Wölfle

23 Gruppe Infrastruktur  
Group Infrastructure 53

Arbeitsgruppe Powell  
Research Group Powell

25 Glasbläserei  
Glassblowing 55

Arbeitsgruppe Schimmel  
Research Group Schimmel

27 Mechanische Werkstatt  
Mechanical Workshop 57

Arbeitsgruppe Schön  
Research Group Schön

29 Zusammenarbeit  
Collaboration 59

Arbeitsgruppe von Löhneysen  
Research Group von Löhneysen

31 Netzwerke  
Network 61

Arbeitsgruppe Wegener  
Research Group Wegener

33 Karlsruher Institut für Technologie  
Karlsruhe Institute of Technology 63



## Das Institut für Nanotechnologie

Das Institut für Nanotechnologie (INT) wurde 1998 auf Initiative des Forschungszentrums Karlsruhe und der Universitäten Karlsruhe und Straßburg gegründet. Ziel des Instituts ist es, weltweit anerkannte Forschung in ausgewählten Bereichen der Nanotechnologie zu leisten. Die Auswahl der konkreten Forschungsvorhaben wird in enger Abstimmung mit externen Gutachtern aus Wirtschaft und Wissenschaft vorgenommen. Auf diese Weise ist gewährleistet, dass

sich die im INT verfolgten Arbeiten durch wissenschaftliche Originalität und Anwendungsrelevanz auszeichnen.

Die Forschung am INT konzentriert sich auf folgende Vorhaben (Stand 2009):

- Theorie nanoelektronischer Systeme
- Synthese und Charakterisierung molekularer Bausteine
- Elektronische Transporteigenschaften von Nanostrukturen

- Steuerbare Materialien
- Biofunktionale Materialien
- Materialien für Energiesysteme
- Mechanische Eigenschaften von Nanomaterialien
- Druckbare Elektronik
- Metamaterialien und Photonische Kristalle

Diese Themen werden von Gruppen, die theoretisch und experimentell arbeitende Biologen, Chemiker, Physiker und Materialwissenschaftler vereinen, bearbeitet. Während die Erarbeitung der wissenschaftlichen Grundlagen in enger nationaler und internationaler Kooperation mit führenden Universitäten und außeruniversitären Forschungseinrichtungen stattfindet, greift das INT zur Entwicklung wirtschaftlich aussichtsreicher Basisinnovationen auf Kooperationen mit der Wirtschaft zurück.



## The Institute of Nanotechnology

The Institute of Nanotechnology (INT) was founded in 1998 on the initiative of Forschungszentrum Karlsruhe and the Universities of Karlsruhe and Strasbourg. The institute aims at performing research in selected fields of nanotechnology on an internationally recognized level. Selection of the respective research projects in close consultation with external reviewers from industry and science ensures that research at INT is characterized by both scientific originality and a high practical relevance.

Research focuses on the following projects (status 2009):

- Theory of Nanoelectronic Systems
- Synthesis and Characterization of molecular Building Blocks
- Electronic Transport Properties of Nanostructures
- Tuneable Materials

- Biofunctional Materials
- Materials for Energy Systems
- Mechanical Properties of Nanomaterials
- Printable Electronics
- Metamaterials and Photonic Crystals

These topics are handled by teams of theoretical and experimental biologists, chemists, physicists, and materials scientists.

While the scientific fundamentals are developed in close national and international cooperation with leading universities and non-university research institutions, the economically promising basic innovations are approached by cooperating with the industry.



## Arbeitsgruppen am Institut für Nanotechnologie

Das Institut für Nanotechnologie ist Heimat von 13 Arbeitsgruppen, die jeweils von einem Hochschullehrer geführt werden. Die Leiter der Arbeitsgruppen finden am INT Arbeitsbedingungen vor, die es ihnen ermöglichen, Forschung auf höchstem Niveau zu betreiben. Die Gruppengröße variiert zwischen 5–35 Wissenschaftlern, die, genauso wie die Gruppenleiter, aufgrund ihrer besonderen wissenschaftlichen Qualifikation ausgewählt wurden.

Die Vielfalt von Forschungsfragen, welche die Arbeitsgruppen am INT bearbeiten, kann hier nicht annähernd vollständig dargestellt werden.

Müßte der Versuch unternommen werden, wesentliche Forschungsfelder zu benennen, ließen sich Energiespeichersysteme genauso nennen, wie mit Tinten hauchdünn gedruckte Schaltelemente. Jedoch bliebe die Frage nach der Eignung von



Molekülen für den Elektronentransport, an deren Beantwortung eine Arbeitsgruppe arbeitet, unerwähnt, wie auch die nach Design, Herstellung und Charakterisierung nanostrukturierter Materialien mit neuartigen optischen Eigenschaften und Dutzende andere.

Das Institut für Nanotechnologie macht, was sein Name sagt. Es ist das Institut des KIT, an dem zur Nanotechnologie in aller Breite geforscht wird: Von Experten in Arbeitsgruppen, die von Professoren aus Deutschland, Frankreich, Großbritannien, Russland, und der Schweiz geleitet werden.

## Research Groups at the Institute of Nanotechnology

Institute of Nanotechnology is home to 13 Research Groups, each lead and managed by a University Professor. At INT these group leaders found a place which allows them to do their research at the highest level. Each group consists of 5 to 35 scientists who were chosen due to their outstanding scientific qualifications.

The diversity of the research questions for which INT's scientists want to find answers can only be described in selected points. Should an attempt be undertaken to name some major research fields, "Energy storage systems" could be mentioned just like "Printable thinfilm devices". But the question for the ability of molecules for the electron-transport which another group wants to answer would remain unmentioned as well as the question for design, application, and characterisation of nanostructured materials with new properties and dozens of others.

The Institute of Nanotechnology does what its name says: It is the institute of KIT which researches in the field of nanotechnology in all width: by experts in groups, led by professors from Germany, Great Britain, France, Russia, and Switzerland.



## Arbeitsgruppe Fecht

Mechanische Eigenschaften und Plastizität von nanostrukturierten Materialien



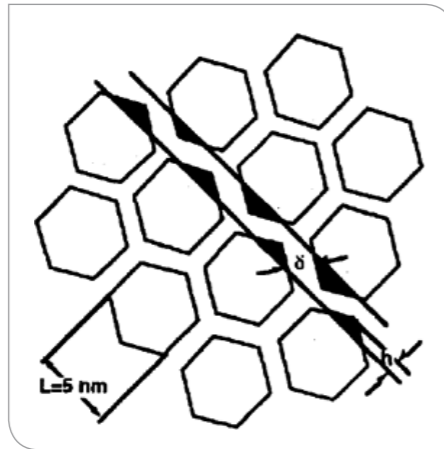
Prof. Dr. Hans-Jörg Fecht

Die fundamentalen Mechanismen der plastischen Deformation von nanoskalierten Materialien sind bis heute aufgrund der inhärenten experimentellen Schwierigkeiten (eingeschränkte Geometrie, Einfluss von Oberflächen, chemische Verunreinigungen, Defekte wie Poren usw.) kaum verstanden. Der Fokus der

Arbeiten liegt daher auf 100% verdichteten nanokristallinen Proben und in-situ-Untersuchungen zur Analyse von kooperativen Deformationsmechanismen, die in konventionellen Materialien irrelevant sind. Dies erlaubt auch die Entwicklung neuer ingenieurwissenschaftlicher Anwendungen in den Bereichen MEMS und NEMS, Tribologie und Energieforschung.

Forschungsfelder:

- Thermodynamik und Stabilität von Nanostrukturen
- Mikro- und makromechanische Eigenschaften von 100% dichten nanokristallinen kubisch-flächenzentrierten Metallen und Legierungen
- Fundamentale Mechanismen zur Verbesserung der mechanischen Eigenschaften von kubisch-raumzentrierten Metallen durch kontrollierte Nanostrukturierung
- Nanogläser
- Neue Anwendungen



Schematische Darstellung von mesoskopischen Scherbändern in nanokristallinen Materialien (Nach Hahn et al. in 1997).

Schematics of the cooperative deformation mechanisms predicted for nanocrystalline materials (Hahn et al. 1997).

## Research Group Fecht

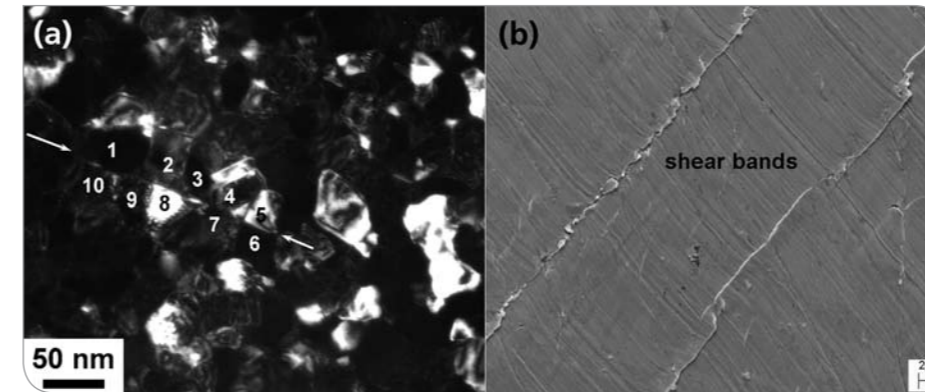
Mechanical Properties of Bulk Nanocrystalline Materials

The fundamentals of plastic deformation in nanoscaled materials are still a matter of controversy due to the general lack of reliable specimen and experimental data. The research is focused on new preparation and new testing equipment in order to elucidate the microscopic mechanisms mediating the deformation. Special emphasis is addressed to in-situ-investigations of mesoscopic effects in plastic flow of nano-

crystalline metals and alloys, such as formation of shear bands and/or cooperative grain boundary sliding in cooperation with other theoretical and experimental groups (ANKA). The obtained results are also important for technical developments in the fields of MEMS, tribology and energy.

Some research topics:

- Thermodynamics and structural stability
- Micro- and macromechanical properties of fully dense nanocrystalline face-centered-cubic metals and alloys
- Basic mechanisms of mechanical property enhancement for body-centered-cubic materials through controlled nanostructure formation
- Nanoglasses
- New applications



Mesoscopic effects in plastic flow: formation of mesoscopic planes of cooperative grain boundary sliding (a), and shear bands (b) in nanocrystalline Pd with a mean grain size of 15 nm. (a): from Yu. Ivanisenko et al. Acta Mater. 57 (2009) 3391. Kooperative Deformationsmechanismen in NK Pd: Bildung von mesoskopischen Ebenen beim kooperativen Korngrenzgleiten (a) und Scherbänder (b) in nanokristallinen Pd mit einer Korngröße von 15 nm. (a) von: Yu. Ivanisenko et al. Acta Mater. 57 (2009) 3391.

# Arbeitsgruppe Fuchs

Nanomechanik



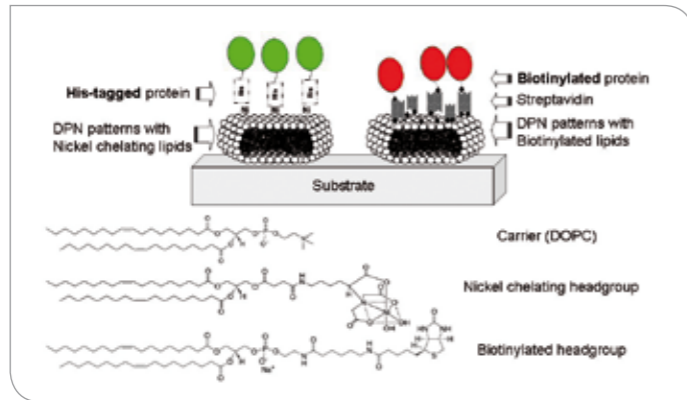
Prof. Dr. Harald Fuchs

Unsere Forschung ist auf die Entwicklung und Anwendung der „Dip-Pen Nanolithographie\*“ (DPN\*) ausgerichtet. DPN stellt ein vielfältig nutzbares Werkzeug dar, das die Vorteile der Elektronenstrahlolithographie, des Tintenstrahldruckens und des Mikrokontaktdruckens in punkto Auflösung, Integration und Probanddurchsatz in sich vereint.

Wenn biologisch relevante Lipide (z.B. Phospholipide) als Tinte für die DPN genutzt werden, eröffnet sich die Möglichkeit, Gitterpunkte mit Punktgrößen von unter 100 nm und einem Durchsatz von 5 cm<sup>2</sup>/min auf einer Vielzahl unterschiedlicher Trägermaterialien aufzubringen. Da Phospholipide wesentliche strukturelle und funktionelle Komponenten in biologischen Membranen darstellen, bietet sich die Nutzung als DPN-Tinte für eine Vielzahl von Anwendungen wie Modell-Membranen, „Protein-Templating“, Zellkulturen sowie Beschichtungen für Biosensoren an.

Die DPN-Geräteausstattung und -Expertise steht externen Nutzern weltweit über die KNMF (siehe Seite 34) zur Verfügung. Der Zugang europäischer Nutzer wird zusätzlich durch das Projekt EUMINAFab (<http://www.euminafab.eu>) gefördert.

\* DPN und Dip Pen Nanolithographie sind eingetragene Warenzeichen der NanoInk, Inc.



„Protein Templating“: Funktionelle Lipide dienen als Vorlagen für die spezifische Proteinbindung. Protein Templating: Functional lipids are used as templates for protein binding.

Our research focuses on the development and application of Dip-Pen Nanolithography\* (DPN\*). DPN is a versatile tool for nanotechnology that enables the resolution of electron beam lithography, integration capabilities typical of inkjet printing, and a high throughput comparable to micro-contact printing.

When biological lipids (e.g. phospholipids) are used as the ink for DPN, it becomes possible to generate nanoarrays with spot sizes below 100 nm and throughput of 5 cm<sup>2</sup>/min on a variety of substrates. Being a major structural and functional component of biological membranes, the use of phospholipids as an ink for DPN opens a variety of applications such as model membranes, protein templating, cell-culture systems and biosensor fabrication.

## Capabilities

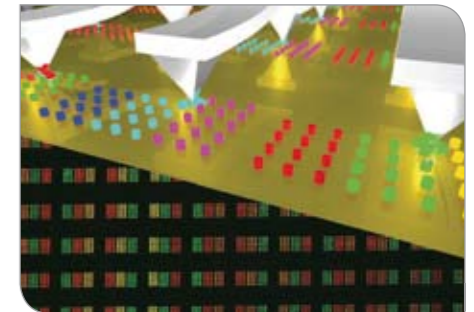
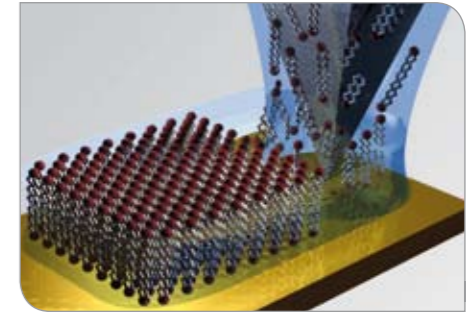
- A variety of surfaces can be functionalised by fluid phospholipids using dip-pen nanolithography.
- Multilayer thickness can be controlled, from ~ 2–200 nm.
- Functional materials developed for liposomes can be dispersed in the ink.
- Multiple inks can be simultaneously integrated on the surface.

The DPN instrumentation and expertise are available to external users world-wide via the KNMF (see page 34) and the European project, EUMINAFab (<http://www.euminafab.eu>).

\* DPN and Dip Pen Nanolithography are registered trademarks of NanoInk, Inc.

# Research Group Fuchs

Nanomechanics



Lipid DPN: Parallel arrays of DPN tips can be used to simultaneously integrate multiple functional materials onto the same surface.

Lipid DPN: Verwendung eines Arrays paralleler DPN Schreibspitzen, mit denen mehrere funktionelle Materialien gleichzeitig auf derselben Oberfläche aufgebracht werden können.

# Arbeitsgruppe Hahn

Nanostrukturierte Materialien



Prof. Dr.-Ing. Horst Hahn

Die Forschungsarbeiten der Arbeitsgruppe zielen darauf ab, die wissenschaftlichen Grundlagen des Gefüges, der Synthese und der Eigenschaften von Nanomaterialien zu erarbeiten und deren Anwendungspotential zu bewerten.

Dazu wird die reversible Steuerung von Materialeigenschaften durch äußere Felder untersucht.

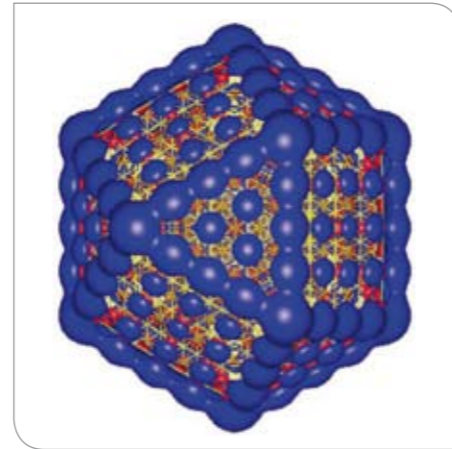
Das Interesse der Arbeitsgruppe reicht von Energiespeicher-Materialien und Verbundwerkstoffen über maßgeschneiderte

mechanische und thermodynamische Eigenschaften sowie die Phasen- und Korngrößen-Stabilität bis hin zur druckbaren Elektronik und auf Feldeffekten basierenden Nano-Systemen, die sich durch die Reversibilität der mechanischen, magnetischen, elektrischen und katalytischen Eigenschaften auszeichnen.

Aktuelle Forschungsschwerpunkte umfassen:

- Mechanische Eigenschaften und Plastizität nanokristalliner Metalle
- Materialien für die Speicherung von elektrischer Energie und von Wasserstoff
- Bestrahlungseffekte in nanokristallinen Materialien
- Spannung und Dehnung verbunden mit Ladungen an der Elektrolyt-Material-Grenzfläche
- Reversible Änderung der Magnetisierung nanoporöser Metalle und komplexer Oxide

- Reversible Änderung des elektrischen Widerstandes von elektrisch leitenden Materialien in Form von dünnen Schichten und nanoporösen Strukturen



Konturen der Elektronendichte-Verteilung eines negativ geladenen Au<sub>309</sub> Clusters; Sichtbar gemacht mittels Dichtefunktionaltheorie. Contours of the excess electron density distribution on a negatively charged Au<sub>309</sub> cluster calculated using density functional theory.

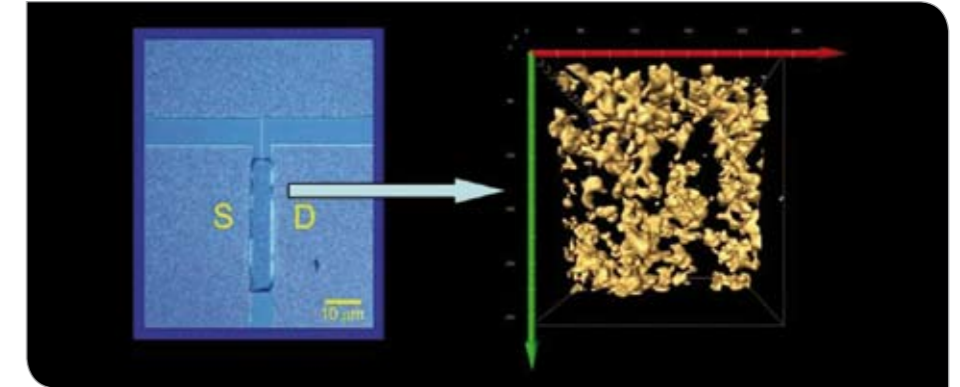
The primary goal of the Research Group is to establish the scientific foundations enabling the design, synthesis, testing and reversible control of a broad spectrum of nanomaterials to explore their potential for applications. Our interests range from energy storage materials and composites through tailored mechanical and thermodynamic properties, phase and grain size stability to printable electronics and field-effect nanodevices with reversible modulation of various macroscopic properties like mechanical, magnetic, electrical, catalytic etc. The realization of these goals requires a comprehensive theoretical and experimental approach which includes systematic tailoring of a large variety of nanostructures and dynamic and reversible controlling of the relevant properties.

Current research topics comprise:

- Mechanical properties and plasticity of nanocrystalline metals

# Research Group Hahn

Nanostructured Materials



Tuning of transport properties in conducting oxides. Optical image of an electrochemically gated Field Effect Transistor (FET) device consisting of a channel made of conducting oxide nanoparticles. **Abstimmung der Transporteigenschaften leitender Oxide. Optisches Bild eines elektrochemisch schaltenden Feld-Effekt-Transistors (FET), bestehend aus einem Kanal, der aus leitenden Oxiden erzeugt wurde**

- Materials for the storage of electrical energy and hydrogen
- Irradiation effects in nanocrystalline materials
- Stresses and strains associated with charges at the electrolyte-material interface
- Reversible change of magnetisation of nanoporous bulk metals and complex oxides
- Reversible change of electrical resistance of conducting materials in form of thin films and nanoporous structures.

# Arbeitsgruppe Kappes

Physikalische Chemie

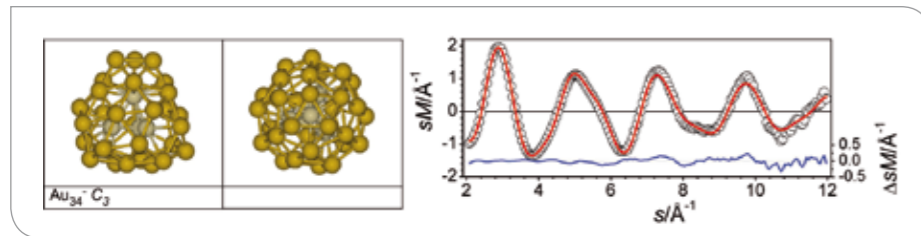


Prof. Dr. Manfred Kappes

Wir untersuchen die geometrische und elektronische Struktur von molekularen Bausteinen, Clustern sowie kohlenstoffbasierten nanoskaligen Systemen unter experimentell wohl-definierten Bedingungen. Die meisten unserer experimentellen Anordnungen werden dazu von uns selbst entworfen und aufgebaut.

Aktuelle Forschungsschwerpunkte umfassen:

- Einwandige Kohlenstoff-Nanoröhren (SWNTs): Optimierung von Trennverfahren zur Darstellung chiral definierter und



Links: Zwei Ansichten der Struktur von  $Au_{34}^-$ . Rechts: Vergleich von experimenteller (Kreise) und berechneter (rote Linie) Elektronen-Streufunktion.

Left: Two views on the structure of  $Au_{34}^-$ . Right: Comparison between experimentally obtained (open circles) and computed (red line) electron scattering function.

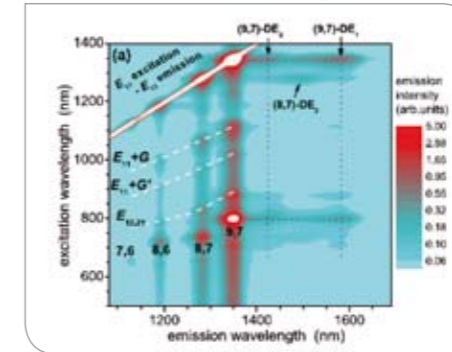
funktional derivatisierter SWNTs sowie deren spektroskopische Charakterisierung (Dr. S. Lebedkin, Dr. F. Hennrich)

- Fourier-Transform-Massenspektrometrie (FTMS): Spektroskopie und Ionchemie von Multianionen in der Gasphase: Einfluß der Coulombabstoßung auf Struktur und Chemie. Ionen-Molekülchemie von Metallclustern als Funktion von Teilchengröße und Temperatur. (PD Dr. O. Hampe)
- Trapped Ion Electron Diffraction (TIED): Strukturbestimmung von größenselektierten Metallcluster-Ionen mittels Elektronenbeugung; Strukturzuordnung durch Vergleich mit quantenchemisch erzeugten Modellstrukturen. (PD Dr. D. Schoob)
- Trapped Ion Laser Induced Fluorescence (TLIF): Intrinsische photophysikalische Eigenschaften synthetischer und natürlicher Fluorophore durch Fluoreszenzmessungen in matrix-freier Umgebung. (PD Dr. D. Schoob)

We are exploring the geometrical and electronic structure of nanoscale molecular building units as well as clusters and carbon-based materials under experimentally well-defined conditions. Most of the setups used we are designing and building ourselves.

Current research topics comprise:

- Single-walled carbon nanotubes (SWNTs): Optimization of separation protocols to yield chirally defined and functionally derivatised SWNTs as well as the spectroscopic characterization thereof.
- Fourier-transform mass spectrometry (FTMS): Spectroscopy and ion chemistry of multiply charged anions in the gas-phase: influence of the Coulomb repulsion on structure and chemistry. Ion-molecule chemistry of metal clusters as a function of cluster size and temperature.



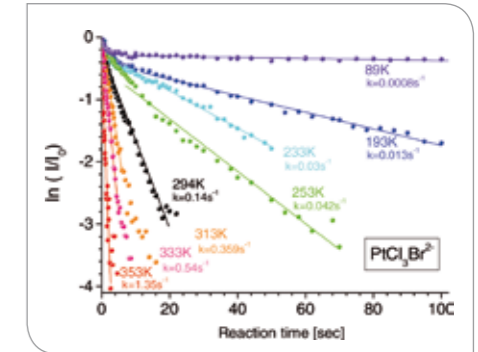
2D photoluminescence map from of narrow distribution of SWNTs – highly enriched in  $(n,m)=(9,7)$  – in a polymer matrix.

2D-Photolumineszenz-Karte einer schmalen Verteilung von SWNTs – angereichert an  $(n,m)=(9,7)$  – in einer Polymermatrix.

- Trapped Ion Electron Diffraction (TIED): Structure determination of size-selected metal cluster ions by way of electron diffraction; structure assignment through comparison with quantum-chemically generated model structures.

# Research Group Kappes

Physical Chemistry



Gas-phase kinetics of electron tunneling emission of the metastable dianion  $PtCl_3Br^{2-}$  as a function of ion trap temperature.

Gasphasen-Kinetiken der Elektronentunnel-Emission des metastabilen Dianions  $PtCl_3Br^{2-}$  bei unterschiedlichen Ionenfallen-Temperaturen.

- Trapped Ion Laser Induced Fluorescence (TLIF): Intrinsic photo-physical properties of synthesized and natural fluorophores through fluorescence experiments in matrix-free environment.



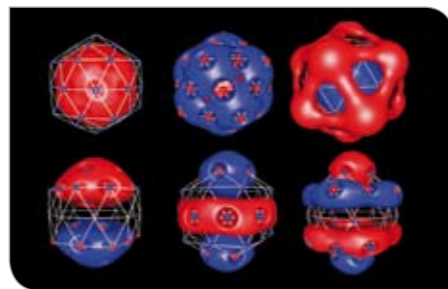
# Arbeitsgruppe Klopper

Theoretische Chemie



Prof. Dr. Willem Klopper

Das Verständnis von Eigenschaften nanoskaliger Systeme ist eine wichtige Voraussetzung für deren gezielte Entwicklung. Neben Experimenten sind quantenchemische Rechnungen entscheidend, um diese Kenntnisse zu erwerben. Bei bekannter geometrischer Struktur können Eigenschaften wie Spektren, Bindungsenergien, etc. berechnet werden. Umgekehrt ist es oft möglich, durch Vergleich mit gemessenen Eigenschaften die Struktur zu



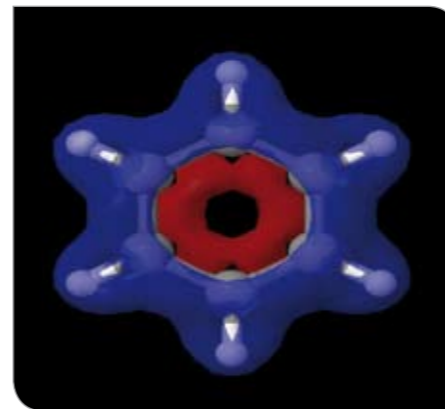
Clusterorbitale (1s, 2s, 3s, 1p, 1d, 1f) von  $Mg_{55}$ .  
Cluster orbitals (1s, 2s, 3s, 1p, 1d, 1f) of  $Mg_{55}$ .

ermitteln. Darüber hinaus liefert die Berechnung einer Serie von Nanoteilchen die für Modellbildungen nötigen Daten. Verbesserung von Effizienz und Genauigkeit der Rechenverfahren und die Erweiterung ihrer Funktionalität werden kontinuierlich und gezielt vorangetrieben.

Einige Forschungsbereiche:

- Aufklärung der Bauprinzipien von Metallclustern, u. a. mit genetischen Algorithmen
- Quantenchemische Untersuchung organischer Moleküle an Metalloberflächen
- Berechnung magnetischer Kopplungsparameter und magnetisch induzierter Ringströme
- Weiterentwicklung quantenchemischer Programmpakete

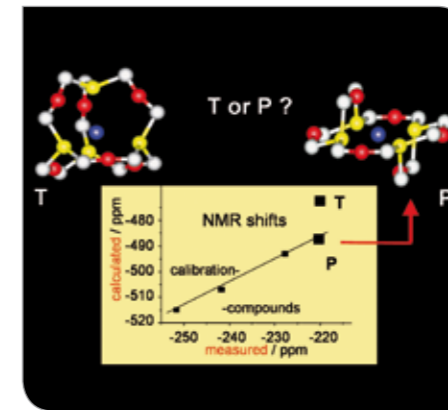
Understanding properties of nano-scaled systems is an important prerequisite for their specific development. Quantum chemical calculations are besides experimental methods crucial to obtain this knowledge.



Calculated profile of the magnetically induced current density in benzene (red: paramagnetic, blue: diamagnetic).

Berechnetes Profil der magnetisch induzierten Stromdichte in Benzol (rot: paramagnetisch, blau: diamagnetisch).

For a given geometric structure, properties such as spectra, bond energies etc. can be calculated. On the other hand, by comparison with measured properties, the structure often can be obtained. Moreover,



Structure determination of  $Li@P_4\{O(SiMe_2)_2\}_6$  by comparison of calculated and measured NMR chemical shifts.

Strukturbestimmung von  $Li@P_4\{O(SiMe_2)_2\}_6$  durch Vergleich gemessener und berechneter NMR chemischer Verschiebungen.

# Research Group Klopper

Theoretical Chemistry

calculation of a series of nano-particles yields the data that are necessary for model building. Development of computer programs towards increased efficiency and accuracy as well as the extension of their functionality are fostered continuously and specifically.

Some topics of research:

- Building principles of metal clusters with genetic algorithms
- Quantum chemical investigation of organic molecules on metal surfaces
- Calculation of magnetic coupling parameters and magnetically induced ring currents
- Further development of quantum chemical program systems

## Arbeitsgruppe Lehn

Supramolekulare Chemie



Prof. Dr. Jean-Marie Lehn

Molekulare Schlüssel-Schloss-Reaktionen eröffnen Wege zum gezielten Entwurf und zur vorherbestimmten Herstellung von Materialien. Solche selbst-assemblierenden Nanostrukturen weisen auf der Nanoskala bestimmte Funktionen auf. Sie definieren damit das Gebiet der supramolekularen Nanochemie, welches molekulare Erkennungsprinzipien mit makroskopischen Materialeigenschaften verbindet. Tatsächlich kann diese Verknüpfung zwischen Materialwissenschaften und supramolekularer

Chemie eine reiche Palette von Strukturen und Eigenschaften hervorbringen!

Der Schlüsselbegriff der supramolekularen Chemie ist jedoch nicht Größe, sondern Information. Dies gilt insbesondere für „instruierte Moleküle“, die mit entsprechenden „Erkennungsgruppen“ ausgestattet, als Bauelemente spontan aber kontrolliert erzeugter hochkomplexer funktioneller Anordnungen dienen. Derzeit (Stand 2009) konzentriert sich die Forschung der Arbeits-

gruppe auf zwei Bereiche: Einerseits die Entwicklung funktioneller molekularer Systeme, die über maßgeschneiderte magnetische, elektronische, „spintronische“ oder mechanische Eigenschaften verfügen und in nanoskalige Baugruppen integriert werden können (Dr. M. Ruben), andererseits die Forschung an synthetischen supramolekularen Lichtsammel-Verbindungen auf Porphyrin-Basis (Prof. Dr. S. Balaban, 2009 kurz vor dem Wechsel an die Université „Paul Cezanne“ Aix-Marseille III, Frankreich)



Dr. Mario Ruben und seine Mitarbeiter.  
Dr. Mario and his colleagues.

[www.ruben-group.de](http://www.ruben-group.de)

Molecular recognition events provide a means of performing programmed materials engineering and processing; they lead to self-assembling nanostructures, organized and functional species of nanometric dimensions that define a supramolecular nanochemistry and bridge the gap between microscopic molecular events and macroscopic features. There is indeed a rich palette of structures and properties to be generated by blending supramolecular chemistry with materials science!

However, the keyword of supramolecular chemistry is not size but information. This applies in particular to instructed molecules which, fitted with suitable recognition groups, may serve as instructed building blocks for the spontaneous but controlled generation of highly complex, functional architectures of both basic and applied interest.

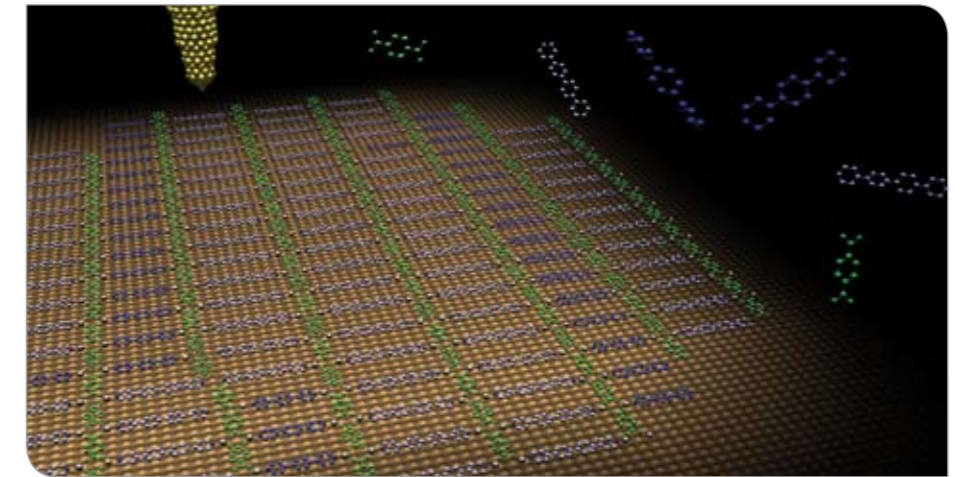
Currently, the supramolecular chemistry research in the INT is focused on two fields:

The development of functional molecular systems with tailor-made magnetic, electronic, spintronic or mechanical functions for the implementation and integration into nanometer-sized device environments (Dr. Mario Ruben) and Supramolecular

## Research Group Lehn

Supramolecular Chemistry

Porphyrine-based Assemblies as artificial light-harvesting compounds (Prof. Dr. Silviu Balaban, on leave for Université „Paul Cezanne“ Aix-Marseille III, France).



Self-organisation and error correction in a systemic molecular network (ref. PNAS 2007, 17927)  
Beobachtung von Selbstorganisation und aktiver Fehlerkorrektur in einem multiplen molekularen Netzwerk (ref. PNAS 2007, 17927)

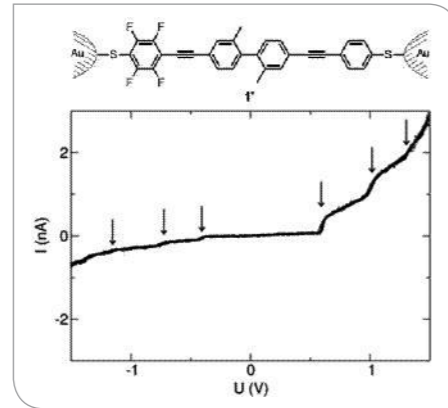
## Arbeitsgruppe Mayor

Synthetische Chemie



Prof. Dr. Marcel Mayor

Unser Interesse gilt dem Entwurf und der Synthese von maßgeschneiderten molekularen Strukturen für grundlegende physikalische sowie physikalisch-chemische Experimente. Die gegenwärtig bearbeiteten Forschungsgebiete reichen von Molekularer Elektronik über Interferometrieexperimente mit Molekülen zu selbst organisierenden Nano-Strukturen und -Architekturen. Bei der Entwicklung geeigneter Verbindungen für diese interdisziplinären Herausforderungen, profitieren wir von der engen Zusammenarbeit mit verschiedenen experimentellen und theoretischen Arbeitsgruppen der physikalischen Chemie, der Physik sowie der Chemie.



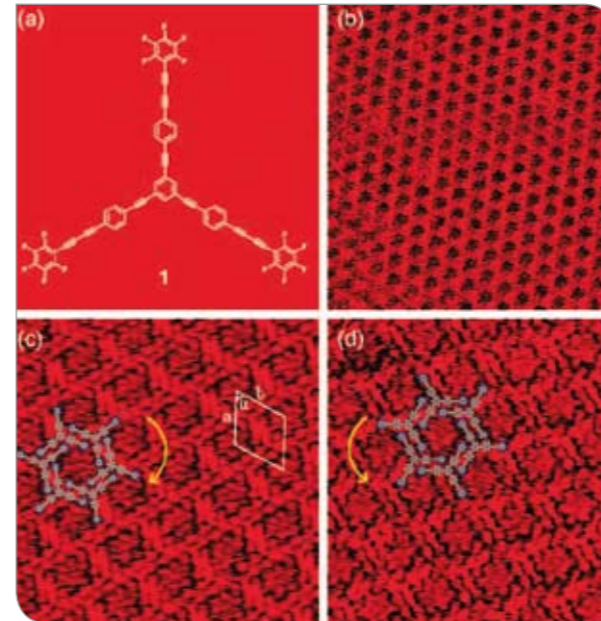
Reproduzierbare (I-V) Kurve (aufgenommen bei T=30K) für einen stabilen Au – 1' – Au-Kontakt, welcher „Dioden-Gleichrichter-Verhalten“ zeigt. I-V reproducibly recorded for a stable Au-1'-Au junction at T=30 K showing diode-like behavior.

Mit grundlegenden Experimenten wurde das Verständnis des Zusammenhanges zwischen molekularer Struktur und Transportverhalten derart vorangetrieben, dass der Entwurf, der Aufbau sowie die Integration der ersten Einzelmoleküldiode möglich wurde. Gegenwärtig werden in enger Zusammenarbeit mit der Arbeitsgruppe von Ralph Krupke (Seite 46) ähnliche Ansätze auf Kohlenstoffnanoröhren als Elektrodenmaterial erweitert.

Durch Selbstorganisation von sternförmigen Molekülen, basierend auf einem neuen Typ von Ar-F...H-Ar Wasserstoffbrückenbindungen, erhielt die Gruppe nanoskalige poröse Netzwerke.

Die Wechselwirkung chiraler Gastmoleküle wird aktuell in Zusammenarbeit mit Harald Fuchs und der Arbeitsgruppe Lifeng Chis untersucht ([www.centech.de](http://www.centech.de)).

We are interested in the design and the synthesis of tailor-made molecular structures for physical and physico-chemical experiments. The investigated research fields range from molecular electronics, over



molecular interferometry to self-assembled nano-patterns and -architectures. To develop suitable compounds and materials for these interdisciplinary challenges we profit from the close cooperation with numerous

(a) Chemical structure of star-shaped molecule 1. (b) Large-scale STM image of 1 (c) and (d) High-resolution STM image of 1. (d) A domain displaying a mirrored arrangement compared with (c). In both cases, six molecules of 1 are overlaid to illustrate both the proposed packing model and the resulting chiral cavity. (a) Chemische Struktur des sternförmigen Moleküls 1 (b) Breitskaliges STM-Bild von 1 (c) und (d) Hochoaufgelöste STM-Bilder von 1. Sowohl bei (c) als auch bei (d) sind sechs Moleküle von 1 gekennzeichnet. So soll deren vermutliche Anordnung dargestellt sowie die dieser ausfließende Chiralität sichtbar gemacht werden: (c) ist Spiegelbild von (d).

## Research Group Mayor

Synthetic Chemistry

experimental and theoretical groups from physical chemistry, physics and chemistry. In pioneering experiments the comprehension of the correlation between molecular structure and electronic transport properties of single molecules allowed to the design, the assembly and the integration of the first single molecule rectifier. Currently, the concept is expanded to carbon nanotubes as electrodes in close cooperation with the group of Ralph Krupke (page 46).

Based on a novel type of Ar-F...H-Ar hydrogen bonds the large area self-assembly of a star shaped molecule provided nano-scale porous chiral networks. The interplay with chiral guests is currently investigated in collaboration with Harald Fuchs und Lifeng Chi's group ([www.centech.de](http://www.centech.de)).

# Arbeitsgruppe Mirlin/Wölfle

Theoretische Physik II



Prof. Dr. Alexander Mirlin

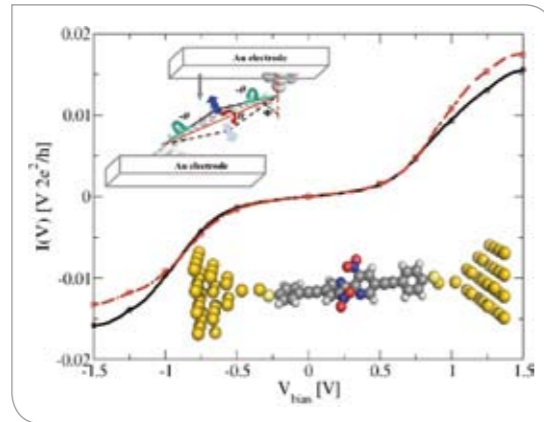


Prof. Dr. Peter Wölfle

Ziel ist die theoretisch-physikalische Beschreibung der Eigenschaften von nanoskaligen und nanostrukturierten Systemen. Die Arbeiten konzentrieren sich auf die elektronischen Transportcharakteristiken von Nanosystemen, insbesondere die Effekte von Quanteninterferenz, starker Wechselwirkung, Unordnung und Nichtgleichgewicht. Im Vordergrund steht die

Ladungstransport zwischen Molekülen: Die Stromspannungskurve ist abhängig von der molekularen Geometrie.

Charge transport through molecules: current-voltage characteristics is sensitive to the molecular geometry.



Findung neuartiger Verhaltensweisen, die eine Anwendungsperspektive bieten. Wir entwickeln und benutzen fortgeschrittene analytische (feld-theoretische) Methoden, sowie moderne numerische Zugänge, einschließlich der ab-initio-Beschreibung im Rahmen quantenchemischer Methoden. Im Einzelnen werden die folgenden Fragestellungen bearbeitet:

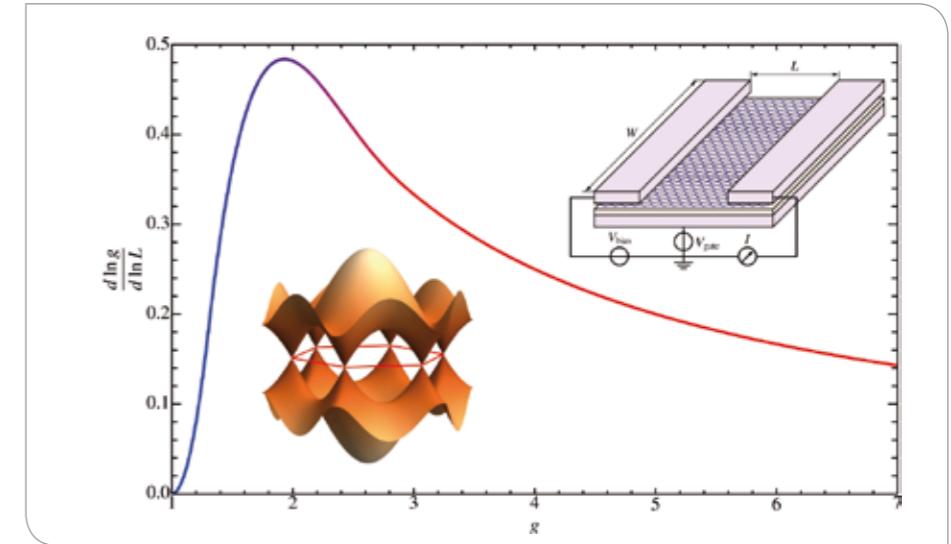
- Elektronentransport in Quantendrähten und Nanoröhren
- Elektronische Eigenschaften von Graphen
- Transport in Quanten-Hall-Strukturen
- Anderson-Lokalisierung und Metal-Isolator-Übergänge
- Methodenentwicklung zum Quantentransport in Nanostrukturen
- Theorie und Simulation Molekularer Nanosysteme
- Numerische Simulationen des Transports in Nanostrukturen

We investigate nanoscale and nanostructured systems in the framework of theoretical physics. The main focus of research is on electronic transport properties of nanosystems, including effects of quantum interference, strong interaction, disorder, and systems far from equilibrium. We are in particular interested in identifying novel behavior, which is of potential use in applications. We develop and employ most advanced analytical (field-theoretical) approaches, as well as modern numerical methods, including ab initio theories of nanosystems in the framework of quantum chemistry. Our projects include

- Electron Transport in Quantum Wires and Nanotubes
- Electronic Properties of Graphene
- Transport in Quantum Hall Structures
- Anderson Localization and Metal-Insulator Transitions
- New Methods for Quantum Transport in Nanostructures

# Research Group Mirlin/Wölfle

Theoretical Physics II



- Theory and Simulation of Molecular Nanosystems
- Numerical Simulations of Transport in Nanostructures

Scaling function of the conductance of a graphene sample: electrons in graphene remain delocalized in the presence of the long range disorder.  
 Änderungsverlauf der Leitfähigkeit einer Graphen-Probe: Elektronen im Graphen bewegen sich frei in Unordnung.

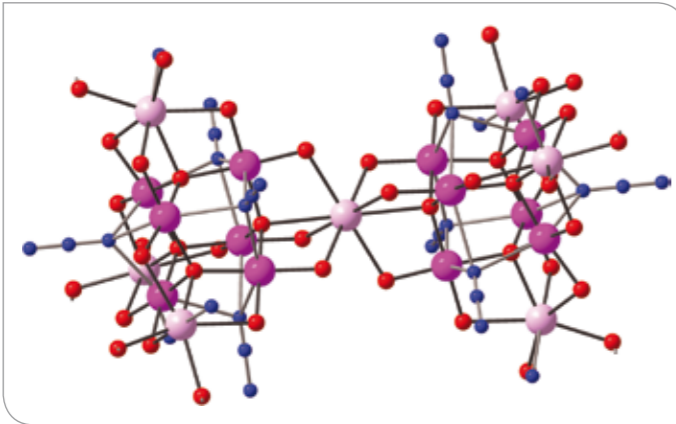
## Arbeitsgruppe Powell

Anorganische Chemie



Prof. Dr. Annie Powell

Als anorganisch chemische Gruppe beschäftigen wir uns am Institut für Nanotechnologie mit der Darstellung molekularer Baueinheiten, die in nanoskalige Bauteile eingefügt werden können oder selbst nützliche Eigenschaften zeigen. Die Baueinheiten werden mittels Röntgenbeugung und ihrer physikalischen Eigenschaften wie Magnetismus und



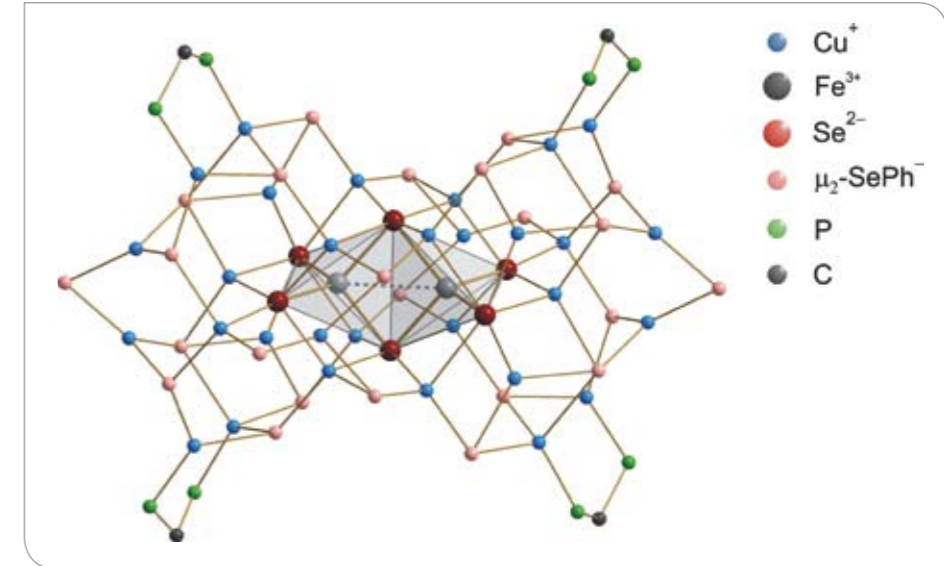
Der metallische Kern des ferromagnetisch gekoppelten  $MN_{19}$  Aggregats mit dem „Weltrekord“ Spin-Grundzustand  $S=83/2$ .  
The metallic core of the ferromagnetically coupled  $MN_{19}$  aggregate with the “world record”  $S=83/2$  ground spin state.

Elektronentransport charakterisiert. Zu den Systemen, die untersucht werden, gehören ligandenstabilisierte Metallclusterverbindungen und metal-organische Gerüstverbindungen (sog. MOFs), deren Eigenschaften unter Verwendung von „crystal engineering“ gezielt eingestellt und so multifunktionelle Materialien aufgebaut werden. Unsere Forschung konzentriert sich gegenwärtig darauf, die synthetisierten Verbindungen als Funktionseinheiten in Bauteile zu integrieren. So gestattet die thermische Behandlung den Zugang zu nanoskaligen Materialien mit einer Reihe von Anwendungen wie Elektrodenmaterialien für Batterien oder stöchiometrisch präzise oxidische Nanopartikel. Die Abscheidung von Nanoclustern als Filme oder in Form geordneter Felder erlaubt eine Adressierung dieser Systeme.

We are an inorganic chemistry group at the Institute of Nanotechnology. We aim to produce molecular building blocks which can be processed into nanoscale devices or else already show useful properties at the nanoscale level. In order to characterise these building blocks we gain precise structural information at atomic resolution using X-ray diffraction as well as measuring a range of physical properties such as magnetism and electron transport. The systems under study include ligand-stabilised metal cluster compounds; metal-organic frameworks (MOFs); the use of crystal engineering to tailor properties and build multifunctional materials. Currently, our research interest is focused on the compounds we synthesise will be further processed to build into devices. Thermal processing allows access to materials with a range of possible applications, such as anode materials for batteries or else stoichiometrically precise oxide nanoparticles. The deposition of nanoclusters

## Research Group Powell

Inorganic Chemistry



as films or ordered arrays allows for the addressing of systems.

Molecular structure of an unusual example of an ‘iron doped’ copper selenide cluster molecule.  
Molekülstruktur eines ungewöhnlichen „eisen-dotierten“ Kupferselenid-Clusters.

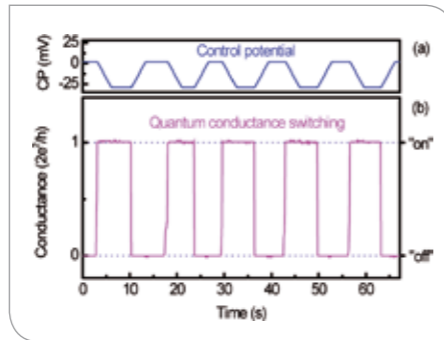
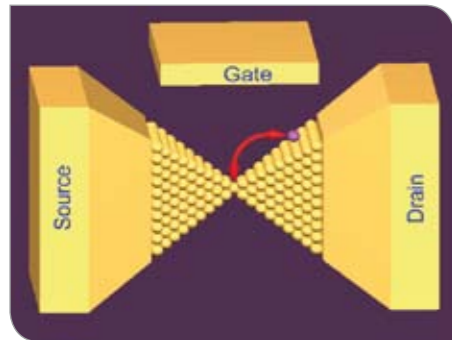
## Arbeitsgruppe Schimmel

Rastersondenmethoden und Nanostrukturierung



Prof. Dr. Thomas Schimmel

Die Arbeitsgruppe „Nanostrukturierung und Rastersondenverfahren“ ([www.schimmel-group.de](http://www.schimmel-group.de)) befasst sich mit Herstellung, Analyse, Eigenschaften und Anwendung von Nanostrukturen. Zu deren Herstellung entwickeln wir sowohl neuartige Lithographie-Verfahren („Top-Down Approach“) als auch Verfahren der Nanostrukturbildung durch Selbstorganisation („Bottom-Up Approach“). Das Rasterkraftmikroskop (AFM) dient dabei der Strukturierung und Abbildung zugleich.



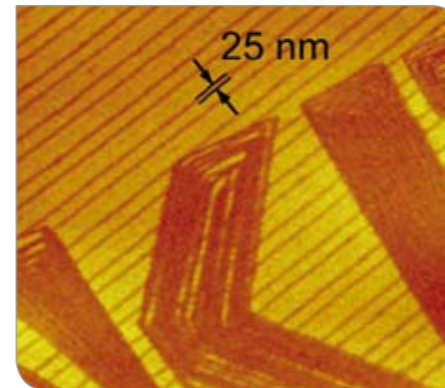
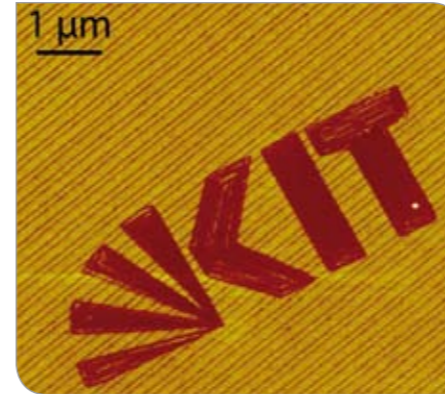
Unsere Entwicklungen, die zu bislang 20 internationalen Patentanmeldungen führten, reichen vom weltweit kleinsten Transistor über kristalline Nanodrähte mit 30-fach erhöhter mechanischer Festigkeit bis zum neuartigen Verfahren des „Nanocontact Printing“.

Forschungsfelder:

- Atomare Elektronik – Quantisierte Ströme schalten mit einzelnen Atomen
- Nanoanalytik und Nanolithographie mit Rastersondenverfahren
- (Bio)funktionelle und biomimetische nanostrukturierte Oberflächen
- Strukturbildung und Selbstorganisation auf der Nanometer-Skala

**Atomarer Transistor.** Durch das gezielte Umlagern eines einzigen Silber-Atoms lässt sich ein elektrischer Stromkreis kontrolliert öffnen und schließen.

**Atomic Transistor.** The controlled repositioning of one single silver atom allows for the reversible opening and closing of an electronic circuit.



The research focus of our group “Nanostructuring and Scanning Probe Techniques” ([www.schimmel-group.de](http://www.schimmel-group.de)) is on fabrication, analysis, properties and applications of functional nanostructures. We develop the corresponding techniques for nanolithography (“Top-Down Approach“) as well as novel processes for nanostructure formation by self-organization (“Bottom-Up Approach“). The Atomic Force Microscope (AFM) is used both for structuring and imaging.

Nanoanalytics and nanolithography via AFM. Functional chemical patterns on surfaces can be written and subsequently imaged with the same AFM tip.

Nanoanalytik und Nanolithographie mittels AFM. Funktionelle chemische Muster auf Oberflächen lassen sich mit der AFM-Spitze schreiben und abbilden.

## Research Group Schimmel

Scanning Probe Microscopy and Nanolithography

The developments of our group, which lead to 20 patents filed so far, include the world’s smallest transistor, a novel process allowing for nanocontact printing and crystalline nanowires with 30-fold increased mechanical yield strength.

Research Topics:

- Atomic-Scale Electronics – Switching Quantum Currents with Individual Atoms
- Nanoanalytics and Nanolithography with Scanning Probe Techniques
- (Bio)functional and Biomimetic Nanostructured Surfaces
- Pattern Formation and Self-Organization on the Nanometer Scale

# Arbeitsgruppe Schön

Theoretische Physik I



Prof. Dr. Gerd Schön

Der elektrische Transport durch nanoskalige Systeme ist beeinflusst von fundamentalen physikalischen Effekten wie quantenmechanischer Kohärenz, Dissipation und der Wechselwirkung zwischen den Ladungsträgern.

Wir entwickeln Methoden zur Beschreibung der großen Vielfalt nanoskaliger Systeme, arbeiten aber auch an der Beschreibung neuer Messgrößen wie zum Beispiel des Stromrauschens und der Ladungstatistik, die ein besseres Verständnis der experimentell relevanten Transportprozesse ermöglichen.

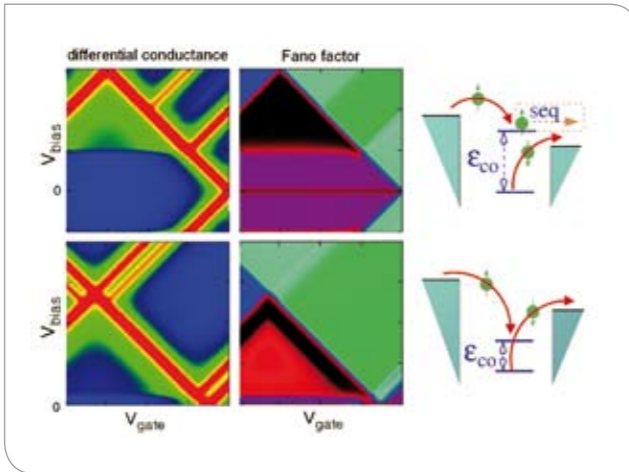
Unsere Forschungsschwerpunkte liegen in folgenden Gebieten:

■ Theorie des Ladungstransports unter Berücksichtigung von Wechselwirkungseffekten

- Nichtgleichgewichtstransport, Stromrauschen und weitere statistische Eigenschaften
- Anwendungen basierend auf Systemen wie Quantenpunkten, Kohlenstoff-Nanoröhren und Graphen, supraleitend-ferromagnetischen Hybridstrukturen, atomaren Kontakten und organischen Molekülen.

Differentieller Leitwert und Stromrauschen (Fano-Faktor) eines Quantenpunkts mit zwei Energieniveaus. Die Skizzen (rechts) zeigen die dominierenden Prozesse bei kleinen Transportspannungen ( $V_{bias}$ )

Differential conductance and shot noise (Fano factor) of a quantum dot with two energy levels. The sketches (right) show the dominant processes at small transport bias ( $V_{bias}$ ).



# Research Group Schön

Theoretical Physics I

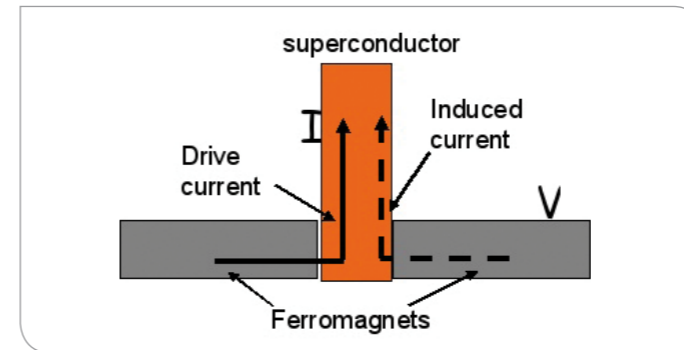
Electric transport through nanoscale devices is influenced by fundamental physical properties such as quantum mechanical coherence, dissipation, and interaction among the charge carriers.

We develop methods to describe the large variety of nanoscale systems, but also work on the description of new measurable observables like the current noise and counting statistics that provide a deeper understanding of the relevant transport processes.

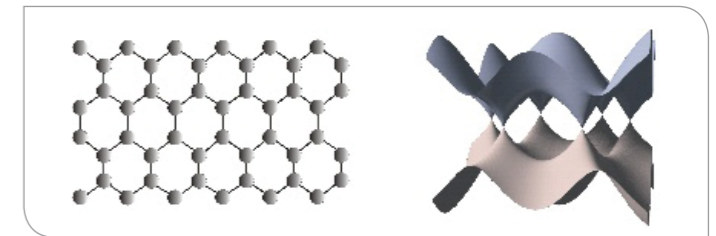
Our research is focused on the following fields:

- Theory of charge transport accounting for direct or mediated charge interactions.

- Non-equilibrium transport, current noise, and counting statistics.
- Applications to systems such as quantum dots, carbon nanotubes and graphene, superconducting-ferromagnetic hybrid structures, atomic contacts, and organic molecules



Sketch of a superconducting-ferromagnetic hybrid structure. The behavior of the non-local transport properties is under investigation. Skizze einer supraleitend-ferromagnetischen Hybridstruktur. Das Verhalten der nichtlokalen Transporteigenschaften wird zur Zeit untersucht.



Sketch of the atomic structure and the electronic band structure of graphene. The conductivity shows a minimum as a function of the applied gate bias. The minimum value depends on the length of the graphene ribbon. Skizze der atomaren Struktur und der elektronischen Bandstruktur von Graphen. Die elektrische Leitfähigkeit zeigt ein Minimum in Abhängigkeit einer angelegten Gatterspannung, deren Wert u.a. von der Länge des Graphenstreifens abhängt.

## Arbeitsgruppe von Löhneysen

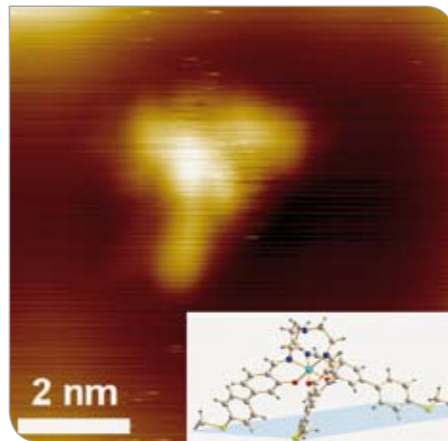
Physikalische Eigenschaften von Nanostrukturen



Prof. Dr. Hilbert von Löhneysen

Die Miniaturisierung siliziumbasierter Elektronik wird in naher Zukunft bei Strukturgrößen auf der Skala einzelner Atome beendet sein.

Daher wird weltweit intensiv an alternativen Konzepten wie Spinelektronik, Quanteninformationsverarbeitung und molekularer Elektronik geforscht. In diesem



Zusammenhang untersuchen wir Elektronentransport sowohl in molekularen als auch metallischen Nanostrukturen mit Potenzial für neuartige Anwendungen. Dabei interessieren uns Transporteigenschaften von Supraleiter-Hybridstrukturen, bei denen Supraleitung einerseits als Sonde für spinabhängigen Transport dient und andererseits selbst für Anwendungen im Bereich der Quanteninformationsverarbeitung genutzt werden kann.

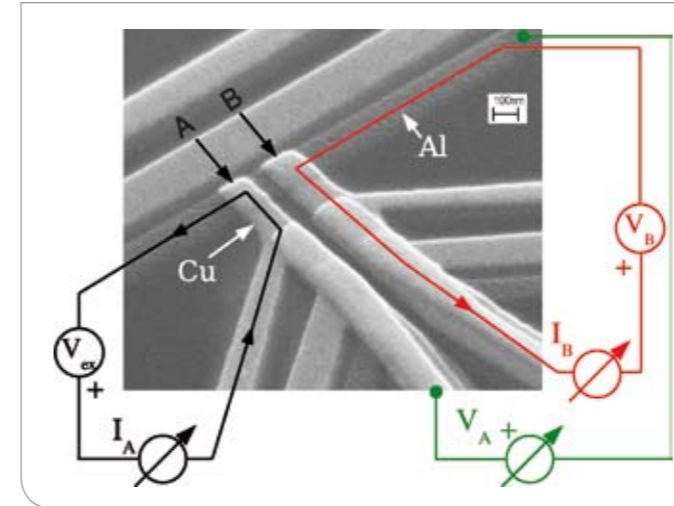
Ein weiterer Schwerpunkt sind Experimente an organischen Molekülen, die Kandidaten für funktionale Bauelemente in der molekularen Elektronik sind. Dabei untersuchen wir die Transporteigenschaften von Einzelmolekülen auf atomar glatten Metalloberflächen mit dem Rastertunnelmikroskop.

**Rastertunnelmikroskopische Aufnahme eines einzelnen organischen Moleküls auf einer Gold-Oberfläche.**

Scanning tunneling microscope image of a single organic molecule on a gold surface.

## Research Group von Löhneysen

Physical Properties of Nanostructures



Scanning electron microscope image of a superconductor hybrid structure for the investigation of spin-dependent transport. Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme einer Supraleiter-Hybridstruktur zur Untersuchung spinabhängiger Transporteigenschaften.

hybrid structures, which serve on the one hand as a probe for spin-dependent transport, and on the other hand are themselves interesting for applications in quantum information processing.

A further focus are experiments on organic molecules which are candidates for functional building-blocks in molecular electronics. Here we investigate transport properties of single molecules deposited on atomically flat metal surfaces with a scanning tunneling microscope.

The miniaturization of silicon-based electronics will come to an end in the near future when structure sizes on the scale of single atoms are reached.

Therefore, a large world-wide research effort is aimed at alternative concepts

such as spintronics, quantum information processing and molecular electronics. In this context we investigate electronic transport in molecular as well as metallic nanostructures with potential for future applications. We are interested in the transport properties of superconductor



## Arbeitsgruppe Wegener

Nanophotonik



Prof. Dr. Martin Wegener

Die Arbeitsgruppe Nanophotonik unter der Leitung von Prof. Dr. Martin Wegener widmet sich dem Design, der Herstellung und der Charakterisierung von nanostrukturierten Materialien mit neuartigen optischen Eigenschaften.

Beispiele hierfür sind photonische Kristalle, photonische Metamaterialien und plasmatische Nanostrukturen. Für die Herstellung werden Techniken wie das direkte Laserschreiben und die Elektronenstrahlithographie eingesetzt und weiterentwickelt. Desweiteren stehen zur optischen Charakterisierung eine Reihe von Experimenten zur linearen und nicht-linearen Spektroskopie zur Verfügung.

Die Arbeitsgruppe gehört zu den weltweit führenden Gruppen im Feld der Nanophotonik und hat in den letzten Jahren wesentliche Beiträge zu dreidimensionalen photonischen Kristallen und Negativ-Index Metamaterialien geleistet.

The „Nanophotonics“ group of Prof. Dr. Martin Wegener is dedicated to design, fabrication, and characterization of nanostructured materials with novel optical properties. Examples are photonic crystals, photonic metamaterials, and plasmonic nanostructures.

For the fabrication a range of techniques is available, e.g., direct laser writing, e-beam lithography and different materials deposition techniques. Several of these are actively advanced. Furthermore, for optical characterization of the structures several experiments for linear and non-linear optical spectroscopy are available.

The “Nanophotonics” group is one of the leading groups in the field and has delivered several breakthrough-contributions in the areas of three-dimensional photonic crystals and negative-index metamaterials.

## Research Group Wegener

Nanophotonics

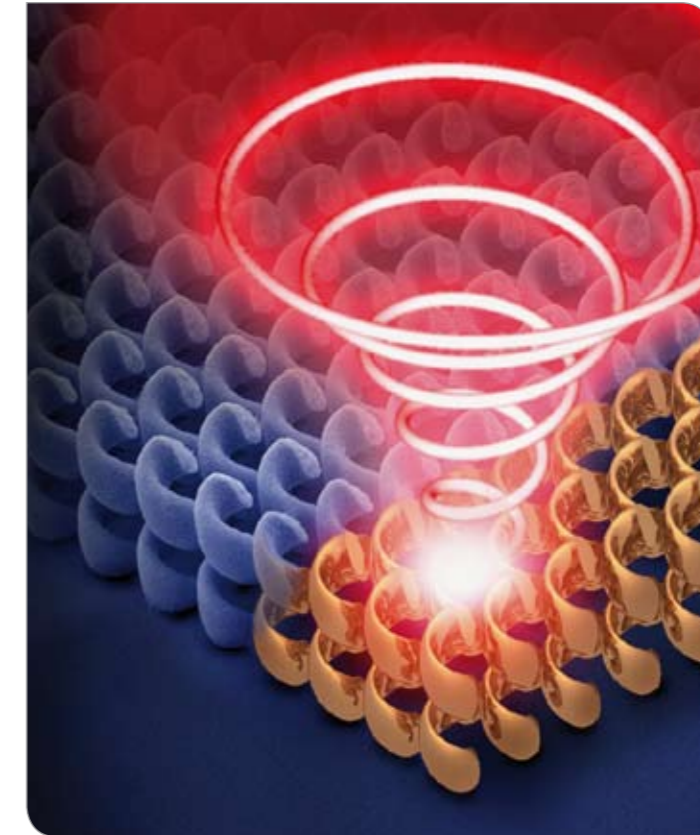


Bild des Metamaterials unter dem Rasterelektronenmikroskop, kombiniert mit einer Computergrafik. Die rot-weiße Spirale symbolisiert das zirkular polarisierte Licht. Scheme of the metamaterial composed of three-dimensional gold helices (foreground). The rear of the image shows an oblique-view electron micrograph of a fabricated structure. The red and white spiral is an artistic visualization of circularly polarized light.

# Karlsruhe Nano Micro Facility

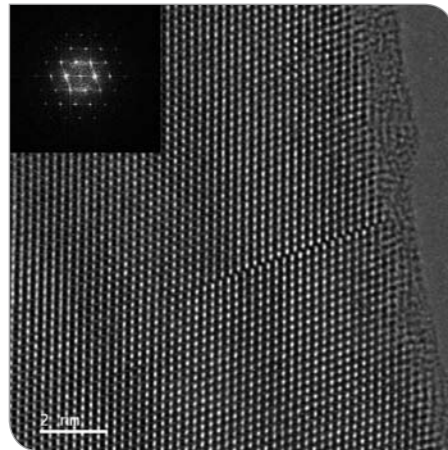
Labor für Mikroskopie und Spektroskopie



**Dr. Christian Kübel**  
Der verantwortliche Wissenschaftler für das Labor für Mikroskopie und Spektroskopie am INT

Die Karlsruhe Nano Micro Facility ([www.kit.edu/knmf](http://www.kit.edu/knmf)) wird als Forschungsinfrastruktur von der Helmholtz-Gemeinschaft für die Strukturierung und Charakterisierung von Funktionsmaterialien auf der Mikro- und Nanoskala betrieben.

Sie steht, verteilt auf dem Campus Nord des KIT, Wissenschaft und Unternehmen für die Forschung zur Verfügung. Der Zugang zur KNMF erfolgt über einen Web-



**Aberrationskorrigierte HRTEM Aufnahme der atomaren Struktur einer Partialversetzung in nanokristallinem Palladium.**  
Aberration corrected HRTEM image of the atomic structure of a partial dislocation in nanocrystalline palladium.

basierten Antrag. Die Nutzung ist kostenfrei, wenn die an den Anlagen der KNMF gewonnenen Ergebnisse veröffentlicht werden.

Das Labor für Mikroskopie und Spektroskopie bildet am INT mit den Techniken

- Aberrationskorrigierte Transmissionselektronenmikroskopie (TEM)
- Fokussierter Ionenstrahl (FIB)
- Rasterelektronenmikroskopie (REM)
- Rasterkraftmikroskopie (AFM)

den Schwerpunkt für die Mikro- und Nanostrukturcharakterisierung neuer Materialien. Ziel dieser Strukturcharakterisierung ist es, ein Verständnis für Synthese-Struktur-Eigenschaftsbeziehungen zu entwickeln. Weiterhin befasst sich das Labor für Mikroskopie und Spektroskopie mit der Entwicklung neuer Methoden in den Bereichen 3D Abbildung, quantitative Analyse und in-situ-Untersuchungen.

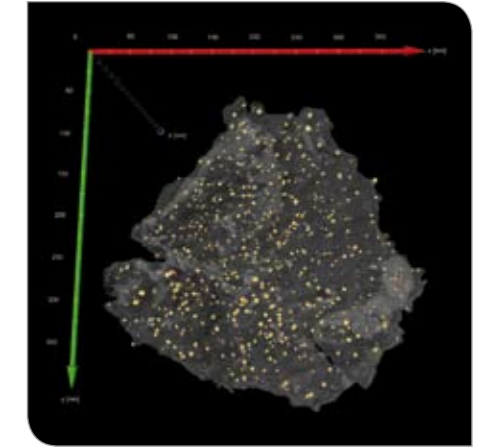
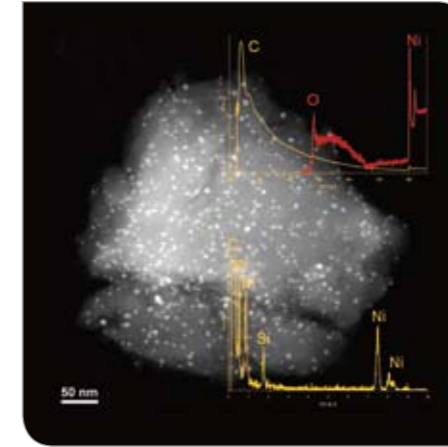
The Karlsruhe Nano Micro Facility ([www.kit.edu/knmf](http://www.kit.edu/knmf)) is a large-scale research facility of the Helmholtz Association distributed on KIT's Campus Nord. for micro- and nanoscale structuring and characterization of new functional materials. It is available for scientists and companies. Access to KNMF is generally granted following a Web-based application submitted during a call for proposals. Access is free for users if the results obtained in the use of KNMF's equipment and facilities are published.

The laboratory for microscopy and spectroscopy focuses at the INT on

- Aberration Corrected Transmission Electron Microscopy (TEM)
- Focused Ion Beam (FIB)
- Scanning Electron Microscopy (SEM)
- Atomic Force Microscopy (AFM)

# Karlsruhe Nano Micro Facility

Laboratory for Microscopy and Spectroscopy



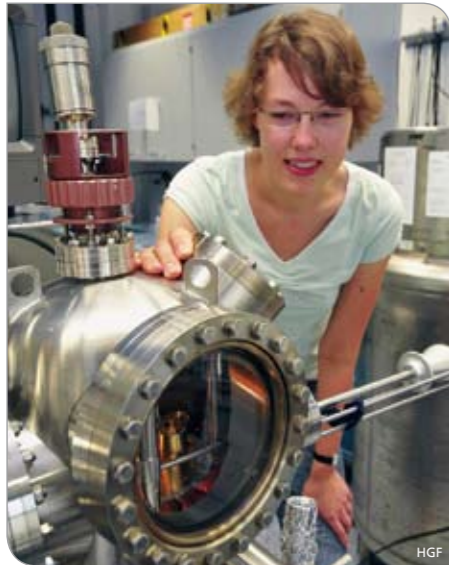
**HAADF-STEM image with local EELS/EDX analysis and electron tomographic 3D visualization of nickel nano particles in activated carbon fibers for hydrogen storage.**  
HAADF-STEM Abbildung mit lokaler EELS/EDX Analyse und elektronentomographische 3D Visualisierung von Nickel Nanopartikeln in aktivierten Kohlefasern für Wasserstoffspeichermaterialien.

for micro- and nano structural characterization of new materials to determine their synthesis-structure-property relationship. Furthermore, the laboratory for microsc-

py and spectroscopy researches on new techniques in microscopy for 3D imaging, quantitative analysis and in-situ-characterization of materials.

## Nachwuchsgruppen am INT

Wie die Arbeitsgruppen forschen auch die Nachwuchsgruppen auf einer Vielzahl von Gebieten der Nanotechnologie. Die Nachwuchsgruppen arbeiten unabhängig von den Arbeitsgruppen und verfügen zudem über Mittel aus externen



Programmen, die der Förderung hervorragender Nachwuchswissenschaftler dienen (z.B. Emmy Noether-Programm).

Während die Gruppe um Romain Danneau die grundsätzlichen elektrischen Eigen-



schaften von Graphen studiert, widmet sich die Gruppe von Georg von Freymann dem Design, der Herstellung und der Charakterisierung dreidimensionaler photonischer Nanostrukturen mit neuartigen optischen Eigenschaften.

Das Interesse der Gruppe von Igor Gornyi gilt der theoretischen Beschreibung von Quanteneffekten von Nanostrukturen. Sylvio Indris untersucht mit seiner Gruppe Materialien, welche als Elektrodenmaterial für Lithium-Ionen-Batterien in Betracht kommen.

Kohlenstoff-Nanoröhren und deren Anwendung stehen im Mittelpunkt des Interesses der Gruppe von Ralph Krupke. Die von Stefan Linden geführte Gruppe setzt sich mit dem Design, der Herstellung und der optischen Charakterisierung von photonischen Metamaterialien auseinander.

Like the Research Groups too, the Young Researcher Groups are active in many fields of nanotechnology.

The Young Researcher Groups are independent from the Research Groups and they are in funds of external programmes which have the goal to fund excellent Young Researcher (e.g. Emmy Noether-Programm)

While the Group of Romain Danneau studies the fundamental electrical properties of graphene, Georg von Freymann's Group is dedicated to the design, fabrication and characterization of three-dimensional nanostructures with novel optical properties. The group of Igor Gornyi conducts the theoretical study in the field of quantum condensed matter physics. Sylvio Indris and his Group investigates materials that can serve as electrode materials for rechargeable Li-ion batteries. Carbon Nanotubes and their applications

## INT's Young Researcher Groups



are in the center of interest of Ralph Krupke's group.

The group led by Stephan Linden consecrates itself to the design, fabrication, and optical characterization of photonic metamaterials.

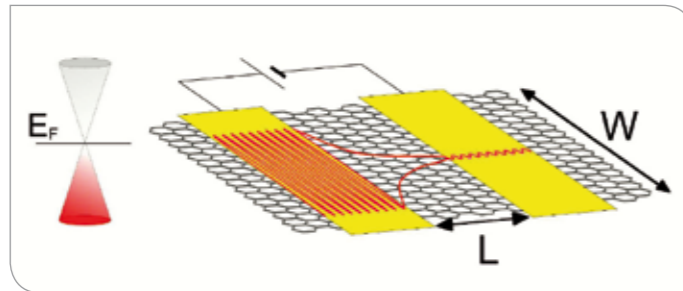
## Nachwuchsgruppe Danneau

Elektronische Eigenschaften von Graphen



Dr. Romain Danneau

Graphen besteht aus einer einzelnen Kohlenstoffschicht, in der die Atome in einer hexagonalen Gitterstruktur angeordnet sind. Bei niedrigen Energien ist die Dispersionsrelation linear. Diese Besonderheit führt dazu, dass Graphen einzigartige und manchmal unerwartete elektronische Eigenschaften besitzt. Das Ziel unserer Arbeitsgruppe ist die Herstellung von neuartigen, auf Graphen basierenden, elektronischen Bauelementen und die Untersuchung der grundlegenden Eigenschaften dieser zweidimensionalen Kristalle mittels Transportmessungen (AC/DC, Mikrowellen, Rauschen) bei tiefen Temperaturen.



Evaneszenter Wellen-transport in Graphenstreifen (großes Breiten-zu-Längen-Verhältnis)

Sketch of the evanescent wave transport in graphene strips (large width over length ratio)

### Interessen

- Elektronische Eigenschaften und Stromrauschen
- PN-Übergänge und „top-gated“ Graphen-Heterostrukturen
- Supraleiter und andere Graphenhybridstrukturen
- Graphen-Hochfrequenzmessungen im Mikrowellenbereich
- Wechselwirkung zwischen Graphen und Molekülen
- Graphen Nanoribbons

### Arbeitstechniken

- Elektronenstrahlolithographie
- Ultrahochvakuum-Aufdampfanlagen
- Abscheidung atomarer Monolagen von Materialien mit hohem  $\kappa$ -Wert
- Rauscharme, elektronische Transportmessungen bei tiefen Temperaturen
- Raman-Spektroskopie
- Licht- und Rasterkraftmikroskopie

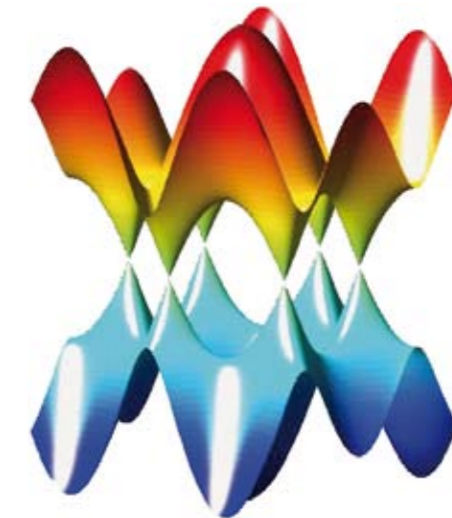
Graphene is a single layer of carbon atoms packed in a honeycomb lattice. At low energy, the dispersion relation is linear. Such peculiarity gives rise to unique and sometime counterintuitive electronic properties. By using carrier transport measurements (AC/DC, microwave, noise) at low temperature and by developing new type of graphene based electrical devices, our group aims to study the fundamental properties of this truly two-dimensional crystal.

### Interests

- Basic electronic transport and noise properties
- pn-junctions and top-gated graphene heterostructures
- Graphene-superconductors and other graphene-hybrid structures
- Graphene at microwave frequencies.
- Interactions between graphene and molecules
- Graphene nanoribbons

### Techniques

- Electron beam lithography
- Ultra-high vacuum metal deposition systems
- Atomic layer deposition of high  $\kappa$ -material
- Low-noise electrical measurement at cryogenic temperatures
- Raman spectroscopy
- Optical and atomic force microscopy



Artistic view of the graphene band structure calculated in the tight binding approach (first nearest neighbour approximation)  
Bandstruktur von Graphen. Die Bandstruktur wurde mit der „Tight-binding“ Methode berechnet

## Young Researcher Group Danneau

Electronic Properties of Graphene

## Nachwuchsgruppe von Freymann

Funktionale Photonische Kristalle



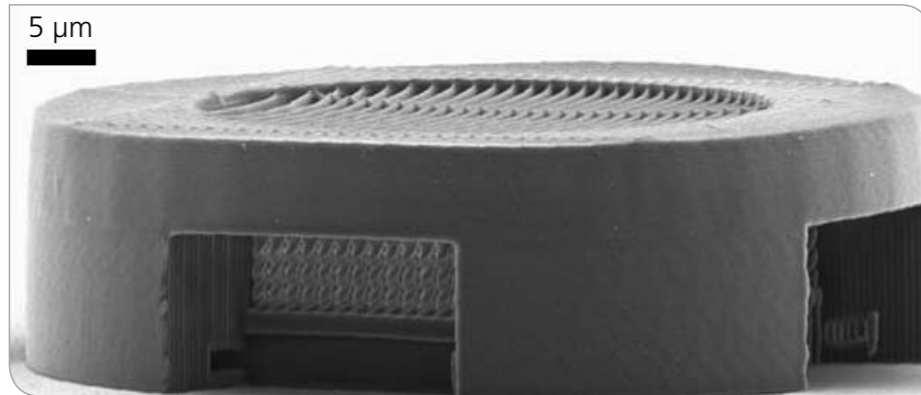
Dr. Georg von Freymann

Glas, Metalle und Chalcogenide-Gläser hergestellt.

Im Fokus stehen dreidimensionale photonische Kristalle mit einer vollständigen photonischen Bandlücke mit und ohne funktionale Defekte, chirale photonische

Kristalle, photonische Quasikristalle und aperiodische Strukturen.

Das direkte Laserschreiben in Erbium-dotierte Chalcogenid-Gläser wurde in dieser Arbeitsgruppe ebenso entwickelt wie die Herstellung von dreidimensionalen photonischen Quasikristallen.



Eine 1D-3D-1D chirale photonische Kristall-Heterostruktur. Durch eine Kombination von Viertelwellenplatten mit einem chiralen Polarisationsfilter ergibt sich ein sehr kompakter Dünnschichtpolarisator.

A 1D-3D-1D chiral photonic heterostructure. The sandwich of two quarterwave-plates with a chiral element at the center acts as a thin-film polarizer.

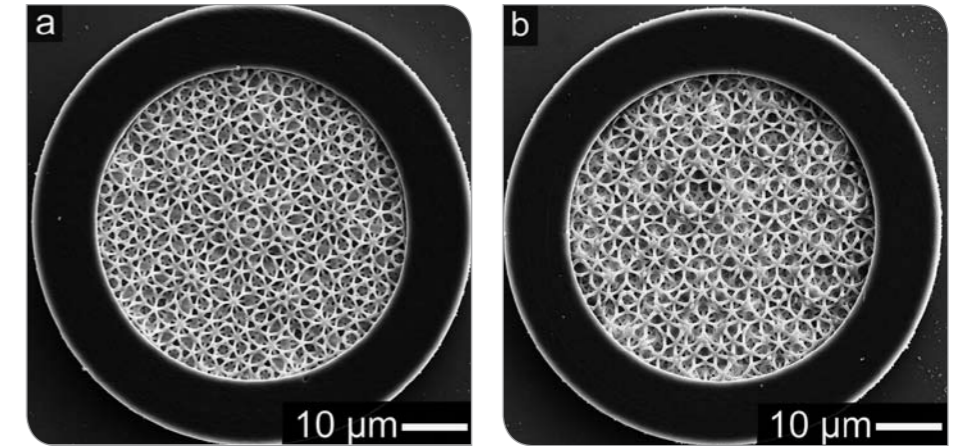
The "Functional photonic crystals" group of Dr. Georg von Freymann is dedicated to the design, fabrication and characterization of three-dimensional nanostructures with novel optical properties.

Samples are fabricated with direct laser writing and subsequent techniques to replicate these structures in materials different from the originally used photoresist, e.g., into silicon, silica, metals, and chalcogenide glasses. Under investigation are three-dimensional photonic crystals with complete photonic bandgaps with and without functional defects, chiral photonic crystals, photonic quasicrystals and aperiodic structures.

Direct laser writing in erbium doped chalcogenide glasses has been pioneered in this group as well as the fabrication of three-dimensional photonic quasicrystals.

## Young Researcher Group von Freymann

Functional Photonic Crystals



Scanning electron micrographs of an icosahedral photonic quasicrystal fabricated in SU-8. The quasicrystal is oriented along its five-fold symmetry axis. (a) The quasicrystal contains the high-symmetry point at its center. (b) The high-symmetry point is shifted out of the center. From: A. Ledermann et al., Nature Materials 5, 942 (2006)

Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme eines photonischen Quasikristalls aus SU-8. Der Quasikristall ist entlang seiner fünfzähligen Symmetrieachse ausgerichtet. (a) der Quasikristall hat seinen Hochsymmetriepunkt in der Mitte. (b) der Hochsymmetriepunkt liegt außerhalb der gezeigten Struktur. Aus: A. Ledermann et al., Nature Materials 5, 942 (2006)

## Nachwuchsgruppe Gornyi

EURYI Nachwuchswissenschaftler Gruppe



Dr. Igor Gornyi

Die EURYI Nachwuchsgruppe unter Leitung von Dr. Igor Gornyi arbeitet im Bereich der Theorie der kondensierten Materie. Die Forschung fokussiert auf niedrigdimensionale Nanostrukturen, insbesondere Kohlenstoff-Nanoröhren und Quantendrähte, Quanten-Hall-Randzustände und Graphen-Nanostrukturen.

Wir untersuchen die fundamentalen Eigenschaften von Quantendrähten mit Störstellen.



EURYI Research award 2005  
EURYI Forschungspreis 2005

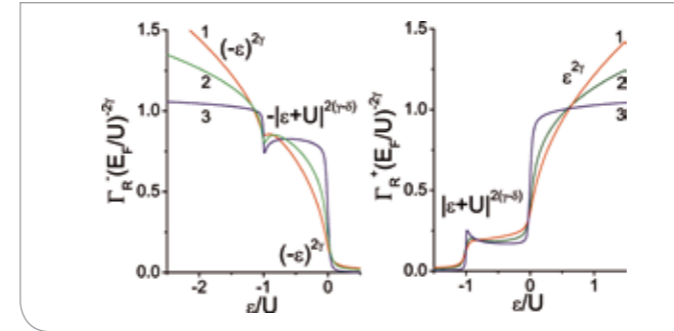
len. Stark korrelierte Elektronenzustände von „gleichgewichts-fernen“ Luttingerflüssigkeiten interessieren uns dabei genauso, wie Quanten-Interferenz und -Dekohärenz in Quanten-Hall-Randzuständen im ganzzahligen sowie fraktionale Quanten-Hall-Regime und elektronische Eigenschaften von Graphen-Nanostrukturen. Dabei greifen wir auf verschiedenartige moderne analytische Techniken zurück.

Die Renormierungs-Gruppe, die Bosonisierung, die Pfadintegrale und die Supersymmetrie sind Methoden, die wir hauptsächlich anwenden.

Die Forschungsgruppe wird im Rahmen des Projekts „Quantentransport in Nanostrukturen“ unterstützt von ESF/EUROHORCS.

## Young Researcher Group Gornyi

EURYI Junior Research Group

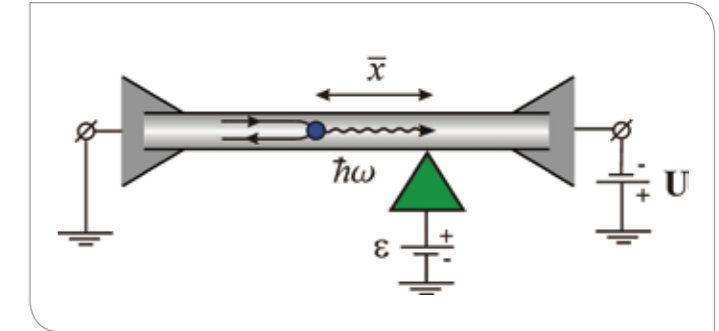


Energy dependence of electron tunneling rates into (left) and from (right) the quantum wire, shown for the different strength of electron-electron interaction.

Energieabhängigkeit der elektronischen Tunnelraten in den (links) und aus dem (rechts) Quantendraht für unterschiedliche Elektron-Elektron-Wechselwirkungsstärken

The EURYI Junior Research Group lead by Dr. Igor Gornyi conducts the theoretical study in the field of quantum condensed matter physics. The group's focus is on the low-dimensional nanostructures, such as carbon nanotubes, quantum nanowires, quantum Hall edge states, and graphene-based nanodevices.

The research topics of the group include the investigation of fundamental properties of quantum wires with impurities, in particular the non-equilibrium physics in strongly-correlated disordered Luttinger liquids, the issues of quantum interference and decoherence with the use of edge states in the integer & fractional quantum Hall effects as well as electronic properties



Tunneling experiment with the voltage biased quantum wire, containing the impurity.

Tunnelexperiment an einem Quantendraht mit angelegter Spannung und Störstelle

of graphene nanostructures. The variety of advanced analytical methods, such as renormalization group, bosonization, path integral and supersymmetry techniques are used in the theoretical research.

The work of the group is funded by the ESF/EUROHORCS within the project “Quantum transport in Nanostructures”.

## Nachwuchsgruppe Indris

BMBF-Nachwuchsgruppe „Neue Elektrodenmaterialien für Li-Ionen-Batterien“



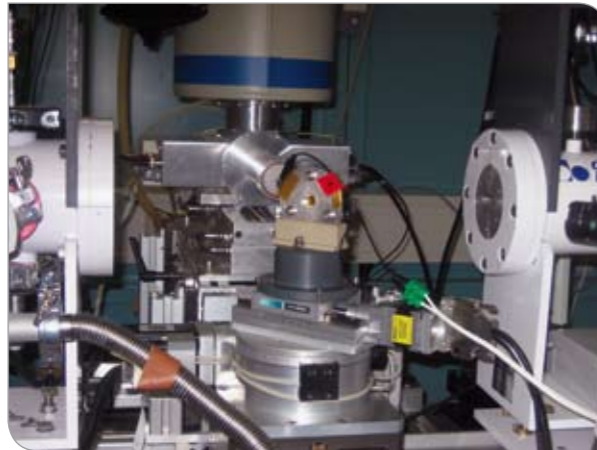
Dr. Sylvio Indris

Wir untersuchen Materialien für den Einsatz als Elektroden in wiederaufladbaren Lithium-Ionen-Batterien. Dabei sollen die zu Grunde liegenden elektrochemischen Reaktionspfade aufgeklärt werden, die während des Ein-/Ausbaus von Lithium auftreten. Neben Standard-Batterie-Tests werden auch Methoden der Festkörper-NMR-Spektroskopie und Beugungsmethoden verwendet, um die Änderungen in

der lokalen Struktur der Wirtsmaterialien, aber auch die Mobilität der Lithium-Ionen zu studieren. Neue In-situ-Methoden, die dabei zum Einsatz kommen, umfassen in-situ-NMR-Spektroskopie, in-situ-XRD/XAS-Untersuchungen und in-situ-Mössbauer-Spektroskopie. Die Ergebnisse dieser grundlegenden Arbeiten sollen zu einer Optimierung der Batterie-Eigenschaften führen.

Einige Forschungsfelder:

- Elektroden-Materialien für Lithium-Ionen-Batterien
- Lithium-Ionen-Dynamik in Festkörpern
- Festkörper-NMR-Spektroskopie
- In-situ XRD/XAS-Untersuchungen
- Impedanz-Spektroskopie
- Mössbauer-Spektroskopie



Die intensive Röntgenstrahlung der Synchrotronstrahlungsquelle ANKA wird genutzt, um während des Betriebes in die Batterien zu schauen und die zu Grunde liegenden elektrochemischen Reaktionsmechanismen aufklären zu können.

We use intense x-rays from the synchrotron source ANKA to get new insight into the batteries during operation and to elucidate the underlying electrochemical reaction pathways.

## Young Researcher Group Indris

BMBF Junior Research Group "New Electrode Materials for Li-ion Batteries"

We investigate materials that can serve as electrode materials for rechargeable Li-ion batteries. The aim is to clarify the electrochemical reaction pathways that occur during insertion and extrusion of Li. Besides standard battery testing we use solid-state NMR spectroscopy and diffraction methods to study the changes in the local structure

of the host materials and the mobility of the Li-ions. New in-situ methods that are applied during charging and discharging of the batteries include in-situ NMR, in-situ XRD/XAS, and in-situ Mössbauer spectroscopy. Finally the results of these fundamental studies are used for optimization of the battery performance.

Some topics of research:

- Electrode materials for lithium-ion batteries
- Lithium ion dynamics in solids
- Solid-state NMR spectroscopy
- In-situ XRD/XAS measurements
- Impedance spectroscopy
- Mössbauer spectroscopy



In the group of Sylvio Indris physicists, chemists and electrical engineers are investigating electrode materials for lithium-ion batteries. In the picture you can see (from left to right): Vladimír Šepélák, Sebastian Becker, Linda Wünsche, Marco Scheurmann, Nina Schweikert, Holger Hain, Hristina Vasilchina, Sylvio Indris. In der Nachwuchsgruppe von Sylvio Indris arbeiten Physiker, Chemiker und Elektrotechniker an neuen Elektrodenmaterialien für Lithium-Ionen-Batterien. Im Bild zu sehen (von links nach rechts): Vladimír Šepélák, Sebastian Becker, Linda Wünsche, Marco Scheurmann, Nina Schweikert, Holger Hain, Hristina Vasilchina, Sylvio Indris.

## Nachwuchsgruppe Krupke

Elektronische und optische Eigenschaften molekularer Nanostrukturen



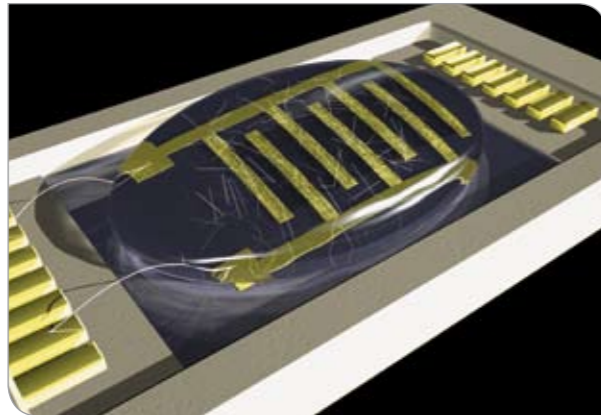
Dr. Ralph Krupke

Unsere Forschung befasst sich hauptsächlich mit wissenschaftlichen Fragen zu Kohlenstoff-Nanoröhren (CNTs) und deren Anwendung. Dabei leisten wir wesentliche Beiträge zu technologischen Herausforderungen und zum wissenschaftlichen Erkenntnisstand, um neue Anwendungen wie z.B. CNT basierte Verbindungsleiter, Transistoren oder Sensoren zu ermöglichen. In diesem Zusammenhang entwickeln wir:

- Methoden, um CNTs entsprechend ihrer elektronischen Eigenschaften zu sortieren;
- Verfahren zur parallelen Kontaktierung, mit denen wir CNT, Graphen, organische Moleküle, Nanopartikel und Nanostäbchen zu funktionalen Einheiten zusammenzufügen;
- Charakterisierungstechniken für hochintegrierte Arrays von Bauelementen.

Wir erforschen die elektronischen und optischen Eigenschaften von sortiertem CNT-Material, Bauelementen aus einzelnen CNTs und CNT-Molekül-Hybriden.

Unsere Methoden umfassen Nanostrukturierung einschließlich Elektronenstrahl-Lithographie, Dielektrophorese, Elektronentransportmessungen, Tieftemperaturexperimente, Raman Spectroscopy sowie Elektrolumineszenz- und Photoleitfähigkeitsmessungen.



Trennung metallischer von halbleitenden Kohlenstoff-Nanoröhren in Dispersionen mittels Radiofrequenz Dielektrophorese. R. Krupke et al., *Science* 301, 344 (2003).

Separation of metallic from semiconducting carbon nanotubes in dispersion by radio frequency dielectrophoresis. R. Krupke et al., *Science* 301, 344 (2003).

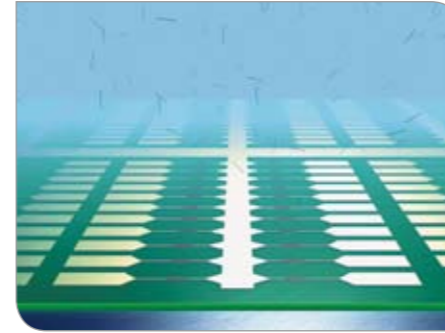
## Young Researcher Group Krupke

Electronic and Optical Properties of Molecular Nanostructures

- characterization techniques for highly integrated device arrays.

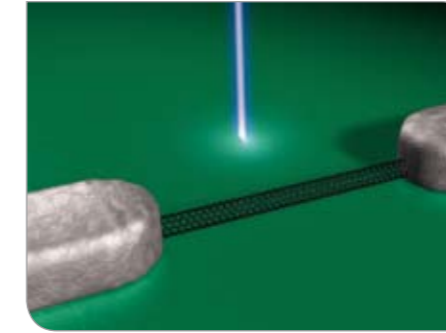
We study the electronic and optical properties of sorted carbon nanotube material, single-tube devices and nanotube-molecule hybrids.

The methods we use are nanofabrication including electron beam lithography, dielectrophoresis, electron transport measurements, low-temperature experiments, Raman spectroscopy, electroluminescence and photoconductivity measurements.



Simultaneous assembling of carbon nanotubes into a high density nanotube devices array. A. Vijayaraghavan et al. *Nano Lett.* 7, 1556 (2007).  
Herstellung einer hochintegrierten Anordnung von Kohlenstoff-Nanoröhren Bauelementen. A. Vijayaraghavan et al. *Nano Lett.* 7, 1556 (2007).

Our research focuses primarily on the science and on the application of carbon nanotubes. Our commitment is to significantly contribute to technological challenges and to the scientific knowledge, to enable new applications such as nanotube based interconnects, -transistors, or -sensors.



Carbon nanotube device engineering by electron beam induced local conductivity adjustment. C. W. Marquardt et al., *Nano Lett.* 8, 2767 (2008).  
Kontrolliertes Einstellen der elektrischen Leitfähigkeit einer Kohlenstoff-Nanoröhre mit Hilfe eines Elektronenstrahls. C. W. Marquardt et al., *Nano Lett.* 8, 2767 (2008).

In this context we develop:

- methods to sort carbon nanotubes according to their electronic properties;
- techniques for parallel assembling of carbon nanotubes, graphene, organic molecules, nanoparticles and nanorods to form functional units;



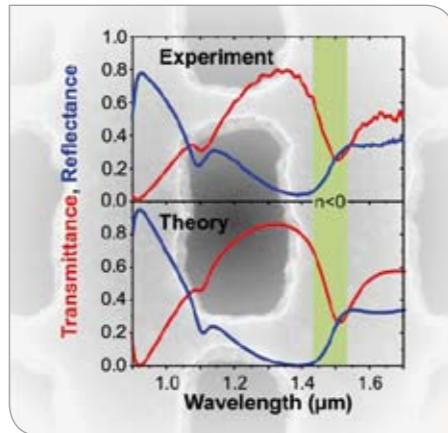
# Nachwuchsgruppe Linden

Metamaterials for Photonics



Dr. Stefan Linden

Photonische Metamaterialien sind künstliche Kristalle mit Perioden kleiner als die entsprechende Wellenlänge des Lichts. Daher verhalten sich photonische Metamaterialien wie effektive Medien – man kann also ihre optischen Eigenschaften beispielsweise



Metamaterial mit einem negativen Brechungsindex für optische Frequenzen.  
Negative index metamaterial operating at near-infrared frequencies

durch einen Brechungsindex beschreiben. Gezieltes Design der zugrunde liegenden Bausteine („photonische Atome“) eröffnet Wege zu außergewöhnlichen optischen Eigenschaften, die in natürlichen Materialien nicht auftreten, wie etwa optischer Magnetismus, negativer Brechungsindex oder starke Chiralität.

Die von Dr. Stefan Linden geführte Helmholtz-Hochschul-Nachwuchsgruppe „Metamaterials for Photonics“ beschäftigt sich mit dem Design, der Herstellung und der optischen Charakterisierung von photonischen Metamaterialien.

Die Forschungsaktivitäten sind hierbei in vier Themen aufgeteilt:

- Fundamentale Eigenschaften „magnetischer Atome“,
- Herstellung von 3D Metamaterialien,
- Nichtlineare Optik mit photonischen Metamaterialien und
- Chirale Metamaterialien

# Young Researcher Group Linden

Metamaterials for Photonics

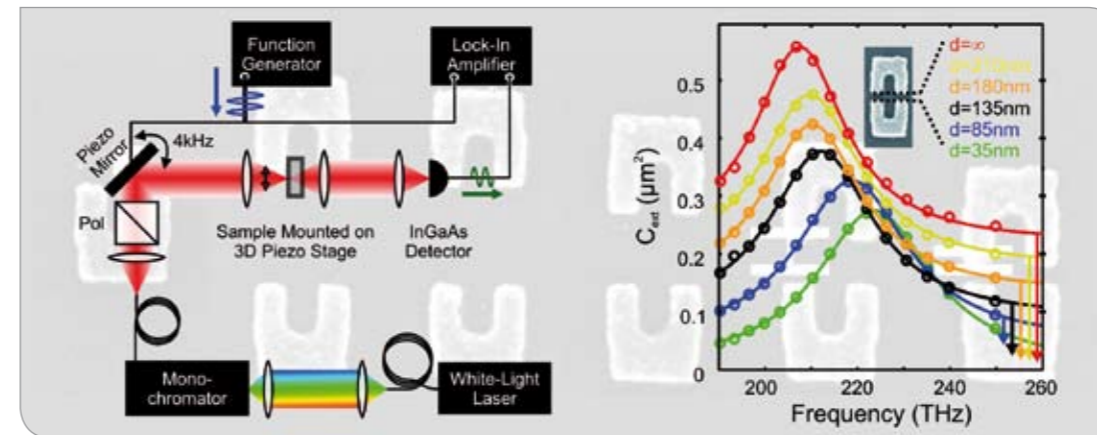
Photonic metamaterials are artificial crystals with sub-wavelength periods. Analogous to ordinary optical materials, photonic metamaterials can be treated as effective media with, for instance, a refractive index. Proper designing the elementary building blocks („photonic atoms“) allows for optical properties not available from natural materials, e.g., magnetism at optical

frequencies, negative refractive indices, and strong chirality.

The Helmholtz-Hochschul-Nachwuchsgruppe Metamaterials for Photonics lead by Dr. Stefan Linden is dedicated to the design, fabrication, and optical characterization of photonic metamaterials.

The research activities are grouped in four topics:

- Fundamental properties of „magnetic atoms“
- Fabrication of three-dimensional metamaterials
- Nonlinear optical properties of magnetic metamaterials
- Chiral metamaterials



Spectral characterization of individual photonic atoms.  
Spektrale Charakterisierung einzelner photonischer Atome.



Exzellente Wissenschaft benötigt hervorragende Wissenschaftsinfrastrukturen. Dazu gehört eine leistungsfähige Wissenschaftsunterstützung, die gerade von den besten Wissenschaftlern zunehmend eingefordert wird.

Wir meinen damit Experten, die sich um alle technischen, organisatorischen und administrativen Belange im Institut kümmern. Sie sehen es als ihre Aufgabe an, durch Service- und Unterstützungsleistungen exzellente Forschung möglich zu machen. Durch besonders gute Aus- und ständige Weiterbildung streben wir auch in diesem Bereich eine führende Position an.

Am INT sind diese Servicefunktionen in der Arbeitsgruppe Infrastruktur zusammengefasst.

Deren Arbeitsbereiche erstrecken sich von der administrativen Leitung des Instituts über die Personalbetreuung und das Gebäudemanagement bis zur Informatikstechnik.

Im Werkstattbereich ist das INT Kooperationen mit anderen Instituten des Großforschungsbereiches des KIT eingegangen, in denen die beteiligten Institute Synergieeffekte bei der gemeinsamen Nutzung einer Glasbläserei (mit dem ITC-CPV) und einer Mechanischen Werkstatt (mit dem IFP) nutzen. Beide Werkstätten leisten einen wichtigen Beitrag zur zügigen und unkomplizierten Versorgung unserer Wissenschaftler mit maßgeschneiderter Laborausrüstung.

Excellent science needs outstanding science-infrastructures: Part of these is a powerful science-support which is increasingly desired by the best scientists, and means experts are taking care of all technical, organisational, and administrative issues. By service and support they are making the enabling of excellent science to their business. INT is aiming to lead in this area by outstanding vocational training and regular continuing education, too.

At INT this services are combined in the Arbeitsgruppe Infrastruktur (Working-Group Infrastructure). Its application areas range from administration of the institute, human resources, building-management to the institute's IT.

In respect of the workshops INT is cooperating with other institutes of KIT's large-scale research division to generate synergy effects. So, INT uses the glassblowing in collaboration with ITC-CPV and maintains

the mechanical workshop in partnership with IFP.

Both workshops are contributing to the function of supplying INT's scientists promptly with customized lab equipment.



## Gruppe Infrastruktur



Von den etwa 180 Mitarbeitern des INT, gehören 15 der Gruppe Infrastruktur an (Stand 2009). Diese Gruppe, die das Instrument der Wissenschaftsunterstützung am INT selbst ist, garantiert ein gleichbleibend hohes Niveau aller Wissenschaftsunterstützung am Institut.

Der Aufgabenbereich umfasst den Betrieb des Institutsekretariates, eine institutseigene Personalstelle, den Bereich Rechner/Software/Netzwerke, die Chemikaliensynthese, die Röntgenstrukturanalyse, die Kernspinresonanzspektroskopie, den

Geräteservice, das Gebäude- und Anlagenmanagement, die Raumverwaltung, die Betreuung der Internetpräsenz des Instituts sowie dessen Öffentlichkeitsarbeit.

Die Gruppe Infrastruktur ist verkoppelt mit weiteren Einrichtungen der Wissenschaftsunterstützung des KIT. Das heißt, dass die Glasbläserei, die Mechanische Werkstatt aber auch die Hauptabteilung Finanzen oder die Hauptabteilung Personal und Soziales des Großforschungsbereiches, qua Vorarbeit der bzw. Zusammenarbeit mit der Gruppe Infrastruktur,

ihre Leistungen zielgerichteter und effizienter erbringen können.

Charakteristisch für die Gruppe Infrastruktur ist die Vielfältigkeit der Qualifikationen, über die ihre Mitarbeiter verfügen. Das Spektrum reicht vom promovierten Chemiker über die Absolventin einer französischen Verwaltungshochschule bis zum Industriemeister. Die Mitglieder der Gruppe bilden sich systematisch weiter, indem sie Fortbildungsangebote des KIT nutzen oder externe Angebote nutzen.

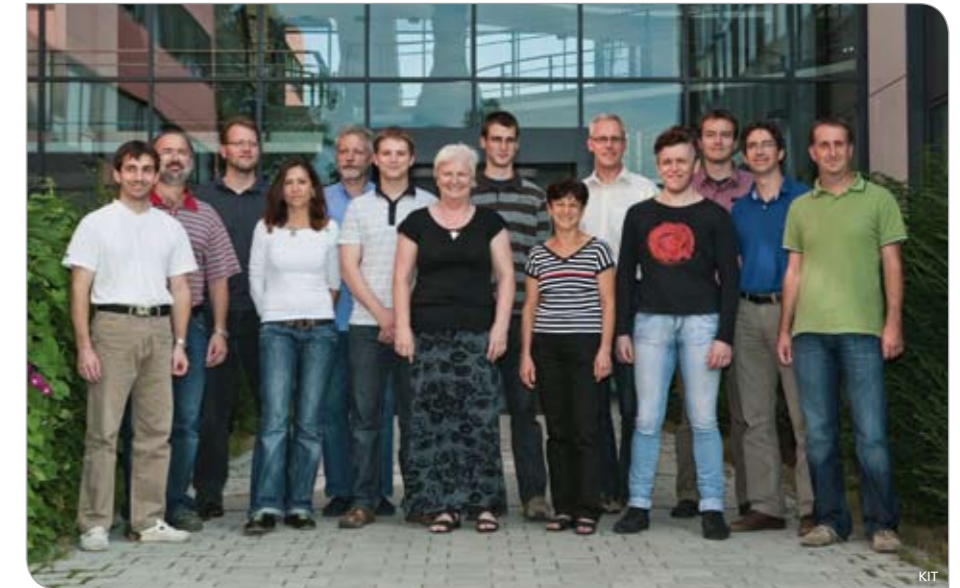
## Group Infrastructure

15 of circa 180 employees of the INT (status 2009) are members of the Group Infrastructure. This group – which is the instrument of Scientific Support at the INT – guarantees a consistently high level of services which is needed by INT's scientists. The tasks includes INT's office, INT's own Human Resources Department, hardware, software and networks, the synthesis of chemical, X-ray crystallography, nuclear magnetic resonance spectroscopy, the equipment-service, the building- and asset management, the management of the offices, the administration of INT's websites and INT's public relations.

The Group Infrastructure is connected with other infrastructure science-support-facilities of KIT. Therefore Glassblowing, Mechanical Workshop, but also the Finance Department or KIT's Division Human Resources, are able to perform their services more precisely and more efficiently.

The Group Infrastructure can be characterized by the diversity of their employees' skills. The spectrum ranges from doctoral-graduated chemist to the graduate of a French National School of Administration

or to a foreman. The members of the group use the opportunities for systematic qualification of the KIT and external training facilities.



Die zum Institut für Technische Chemie – Bereich Chemisch-Physikalische Verfahren gehörige Glasapparatebauwerkstätte fertigt Einzelstücke und Kleinserien. Mit individuell angefertigten Werkzeugen können Glasbauteile mit sehr genauen Innen- bzw. Außenmaßen hergestellt werden.

Die Modifikation bestehender Anlagen und Komponenten bzw. deren Reparatur, die Anfertigung von Ampullen, das Evakuieren und Abschmelzen vom Anwender gefüllter Ampullen sowie Glas-Glasverschmelzungen, Glas-Metall-Übergänge, Glas-Keramikverschmelzungen und UV-hemmende

Beschichtung durch Diffusionsfärbung im Ofen sind ebenfalls möglich. Durch Kontakte zu externen Anbietern der Bereiche Großanlagenbau, Versilberung von Glasgeräten, Laserbearbeitung oder Wasserstrahlschneiden von Glas, Bearbeitung von Glas mit Ultraschallschleifmaschinen und Sintern von Glas, wird das Leistungsspektrum abgerundet.

The glass engineering workshop in the Institute for Technical Chemistry – Division of Chemical-Physical Processing manufactures unique pieces and small series. Individually produced tools enable the manufacturing of glass parts with very exact internal and/or external dimensions. The modification of existing plants and components and/or their repair, the preparation of ampuls, evacuating and melting of the ampuls, filled by users as well glass-to-glass-sealings between different glasstypes, metall-glass-sealings, glass-ceramic-sealings, UV-restraining coating of glassapparatus by diffusion colouring in the furnace are possible. By contacts to external companies of the ranges: Building of large-scale glassapparatus, silvering of glassapparatus, Laser-processing (cutting, marking and melting) water-jet-cutting of glass, treatment of glass with ultrasonic grinding machines and sintering of glass the manufacturing spectrum is complete.

### Methoden

- Bei der Ausführung der Arbeiten werden folgende Methoden eingesetzt:
- Heißbearbeitung mit Brennern und Ofen
  - Kaltbearbeitung durch Schleifen, Bohren und manuelles Fräsen
  - Klebetechniken

### Werkstoffe

Grundsätzlich können alle technischen Gläser bearbeitet werden.

### Kontakt

glasblaeserei@itc.cpv.kit.edu



Hygrofalle  
Hygro Trap



Meßzelle  
Measuring Cell



By the glass engineering workshop manufactured glass-gadget (Vacuum-Line) in a INTs laboratory of inorganic chemistry  
Von der Glasbläserei gefertigte Glasapparatur (Vakuuminlinie) in einem Labor der anorganischen Chemie am INT

### Methods

The following methods are used:

- Hot Treatment with burners and furnace
- Cold Treatment by grinding, drilling and manual milling
- Adhesion methods

### Materials

Principally all technical glasses could be handled

### Contact

For further information please contact:  
glasblaeserei@itc.cpv.kit.edu

## Mechanische Werkstatt

Eine Grundlage experimenteller naturwissenschaftlicher Arbeit ist die Verfügbarkeit geeigneter Laborgeräte. Das INT greift dazu auch auf die Leistungen der gemeinsam mit dem Institut für Festkörperphysik betriebenen Mechanischen Werkstatt zurück, die Einzelstücke und Kleinserien nach Maß und Vorstellung der Wissenschaftler zu fertigen in der Lage ist. In der Mechanischen Werkstatt werden alle feinmechanischen Arbeiten sowie Reparaturen für die



Druckzelle zur Untersuchung des Verhaltens der Luft-Wasser-Grenzfläche von untergetauchten Pflanzen bei verschiedenen Drücken. Pressure cell to study the behavior of the air-water interface of submerged plants at various pressures.

experimentellen Arbeitsgruppen des Instituts ausgeführt. Die Werkstatt ist in Teamarbeit mit den Wissenschaftlern des Instituts an der Entwicklung von Apparaturen und feinmechanischen Geräten beteiligt.

### Leistungsprofil

- Prototypenbau
- Fertigungsversuche
- Feinmechanik
- Vakuumtechnik



Mit diesem Tieftemperaturdilatometer können bis zum Tieftemperaturbereich Änderungen mit einer Genauigkeit von 1/100 Angström gemessen werden. With this Low-Temperature-Dilatometer it is possible to measure length changes of less than 1/100 Angström.

- Spanlose und spanabhebende Fertigung aus fast allen Materialien
- Montage der gefertigten Bauteile zu Baugruppen und Anlageteilen.

### Fertigungsverfahren

Zu den Aufgaben der Feinmechanischen Werkstatt gehören unter anderem:

- Dreh-, Fräs- und Bohrarbeiten
- Hartlöten und Edelstahl-Schweißen
- Blech- und Kunststoffbearbeitung



10-fach-Getriebe für den Probenträger einer Laser-Depositions-Anlage. Mit diesem Aufbau können 10 Proben in die optimale Beschichtungsposition gebracht werden. 10-speed gearbox for the sample tray of a laser deposition system. This structure allows to bring 10 samples in the optimum position to coat them.

## Mechanical Workshop

A basis of experimental scientific work is the availability of suitable laboratory equipment. INT uses the work of the Mechanical Workshop, which works as a cooperation of the Institute for Solid-State Physics and the INT. This workshop has the ability to manufacture unique pieces and small series according to the requirements and imagination of INT's scientists.

In the mechanical workshop all precision work and repairs for the experimental research-groups of the institute will be realized.

The workshop develops – jointly with scientists of the INT – precision equipment and devices.

### Know How

- Prototyping
- Production testing
- Precision
- Vacuum technology



Mechanical Workshop's team.  
Die Mitarbeiter der Mechanischen Werkstatt.

- Chipless and cutting production from almost all materials
- Assembly of manufactured components and assemblies to system parts.
- Turning, milling and drilling
- Brazing and welding stainless steel
- Sheet metal and plastic processing

### Techniques

The tasks of the mechanical workshop include:

### Kontakt/Contact

Michael Schlenker  
michael.schlenker@kit.edu

## Zusammenarbeit

Da die Nanotechnologie einerseits durch thematische Breite, andererseits durch die Notwendigkeit des Zusammenwirkens unterschiedlicher Fachrichtungen geprägt ist, führt das INT viele seiner Forschungsarbeiten in Kooperation mit nationalen und internationalen Partnern aus Wissenschaft und Wirtschaft durch.

Dazu greift das Institut auf verschiedene Kooperationsmodelle zurück: Mit wissenschaftlichen Partnern ist die häufigste und einfachste Kooperationsform die „nicht vertraglich geregelte Forschungszusammenarbeit“ auf der Basis gemeinsam publizierter Ergebnisse. Von Januar bis September 2009 etwa, führte dieses Kooperationsmodell zu rund 80 Publikationen, was etwa die Hälfte aller Publikationen des INT in dieser Zeitspanne entspricht.

Mit einigen Forschungseinrichtungen ist auf diese Weise über die Jahre eine umfangreiche und langfristige angelegte

Zusammenarbeit entstanden. In diesen Fällen werden die Rechte und Pflichten der Kooperationspartner häufig in einem Kooperationsvertrag geregelt. Zurzeit (September 2009) existieren acht derartige vertraglich geregelte Kooperationen.

Zusammenarbeit findet statt und ergibt sich nicht zuletzt über einen weiteren – wichtigen – Fakt: Etwa ein Drittel der Wissenschaftler am Institut für Nanotechnologie sind Nicht-Deutsche, die meisten von ihnen sind in ihrem Heimatland in eine Forschungseinrichtung eingebunden.

Diese Gastwissenschaftler und Stipendiaten leisten nicht nur einen wichtigen Beitrag zur ständigen Fortentwicklung der Forschung am INT, sondern sind auch persönliche „Bindeglieder“ in internationalen und für internationale Kooperationen.



HWP Planungsgesellschaft mbH

Because nanotechnology is characterized – on the one hand – by its thematic width and – on the other hand – by the need of the collaboration of different disciplines, INT accomplishes its research activities in many cases in cooperation with national and international partners from science and economy.

For that purpose INT falls back on several models of cooperation: For scientific partnerships the most frequently and most common type of cooperation is the “Not Stipulated Research Collaboration” based on combined publications.

From January to September 2009, this model generated circa 80 publications, meaning these are almost half of all publications the INT has released in this period. Thus, over the years a more comprehensive and long-ranged collaboration was established with some research-institutions. In this case the rights and duties of the

## Collaboration



HWP Planungsgesellschaft mbH

partners are often stipulated by a cooperation treaty. Presently (September 2009), INT is signatory in eight of such contracts.

Cooperation is taking place and is resulting last but not least in a further – important – fact: Circa one-third of the scientists at the Institute of Nanotechnology are non-German-most of them are embedded in a research facility in their home country.

These visiting scholars and fellows generate not only a significant contribution to the continuing development of research at the INT, but they are also personal „links“ in and for international cooperations.

## Kompetenznetz NanoMat



Dr. Regine Hedderich

NanoMat ist ein Zusammenschluss von renommierten Forschungseinrichtungen und Industrieunternehmen. Derzeit koordinieren innerhalb des Netzwerkes 29 Mitglieder ihre Forschungsaktivitäten. Die NanoMat-Partner haben das Ziel, Erkenntnisse der Nanotechnologie in Produkte und Dienstleistungen zu integrieren. Darüber hinaus operiert NanoMat auf vielfältigen Feldern der Technologiekommunikation und der Politikberatung. Die NanoMat-Partner koordinieren ihre Forschung zum Thema „Synthese und Untersuchung von nanostrukturierten Materialien und Werkstoffen und den Funktionen, die sich aus der Nanoskaligkeit ergeben“. NanoMat hat damit einen unverwechselbaren thematischen Fokus über alle Stufen der Wertschöpfung.

Die NanoMat-Geschäftsstelle ([www.nanomat.de](http://www.nanomat.de)) ist mit ihren Partnern BASF, Merck, KIT, Vorreiter bei der Zusammenführung von Forschung und industrieller Anwendungen im Bereich KMU ([www.nanovalley.eu](http://www.nanovalley.eu)).

Today 29 partners within NanoMat – research-institutions and companies – coordinating their research activities. The NanoMat partners have the objective to find ways to integrate nanotechnology into products and services to create highly skilled industrial jobs in Germany. Moreover NanoMat mediates communication of technology and policy advice.

The NanoMat partners coordinate their research on „Synthesis and investigation of nanostructured materials and materials and the functions that arise from the nanoscale.“ Thus NanoMat has a unique thematic focus on all stages of the value added chain.

The office of NanoMat ([www.nanomat.de](http://www.nanomat.de)) with its partners, BASF, Merck, KIT, is pioneer in bringing together research and industrial applications in the field of SMEs. ([www.nanovalley.eu](http://www.nanovalley.eu)).

nanoValley.eu ist eine regionale Initiative, die 2008 ins Leben gerufen wurde. Diese fördert die Zusammenarbeit von Forschungseinrichtungen und Unternehmen auf dem Gebiet des Technologietransfers. Ziele sind die Überführung von Grundlagenwissen in unternehmerische Anwendungen und die Heranführung der Hochschulforschung an Problemstellungen in Unternehmen.

Seit September 2009 ist am INT ein Kontaktbüro der Initiative nanoValley.eu eingerichtet. Dieses hat die Aufgabe, Kooperationsbeziehungen zu initiieren und Wissenschaftler bei der Auswahl von Fördermöglichkeiten zu unterstützen.

nanoValley.eu wird von der Europäischen Union kofinanziert ([www.nanovalley.eu](http://www.nanovalley.eu)).

nanoValley.eu is a regional alliance launched in 2008. It aims to improve the transformation of basic science discoveries and technology research results into market relevant applications. nanoValley.eu promotes university-industry collaborations on technology transfer and supports scientists in identifying funding opportunities.

In September 2009 the INT set up a project management office connected to the KIT Center NanoMikro.

nanoValley.eu is co-financed by the European Union ([www.nanovalley.eu](http://www.nanovalley.eu))

## nanoValley.eu



Prof. Dr.-Ing. Horst Hahn



# Karlsruher Institut für Technologie

Am 1. Oktober 2009 haben sich das Forschungszentrum Karlsruhe und die Universität Karlsruhe zum Karlsruher Institut für Technologie (KIT) zusammengeschlossen. Im KIT vereinen sich in einer Rechtsperson zwei Missionen: Es ist zugleich Landesuniversität und außeruniversitäre Großforschungseinrichtung in der Helmholtz-Gemeinschaft. Das KIT verbindet die Aufgaben Forschung, Lehre und Innovation in einem Wissensdreieck.

Mit rund 8 500 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern und einem Jahresbudget von etwa 650 Millionen Euro stellt das KIT eine der weltweit größten Forschungs- und Lehrinrichtungen dar mit dem Potenzial, auf ausgewählten Forschungsgebieten eine weltweite Spitzenposition einzunehmen. Das Ziel: KIT wird eine Institution der Spitzenforschung und der exzellenten wissenschaftlichen Ausbildung sowie eine herausragende Stätte für akademisches Leben, lebenslanges Lernen, umfassende

Weiterbildung, unbegrenzten Wissensaustausch und nachhaltige Innovationskultur.

Auch in der beruflichen Ausbildung ist das KIT ganz vorne: Mehr als 450 junge Erwachsene erwerben praktisches Wissen



**Starke Partner:** Im KIT haben sich die Universität und das Forschungszentrum Karlsruhe zusammengeschlossen.

**Powerful partners:** The former Universität Karlsruhe (TH) and Forschungszentrum Karlsruhe constituted KIT.

in rund 30 zukunftsorientierten Berufen, in kaufmännischen und technischen Berufen. Dabei kooperiert das KIT mit der Dualen Hochschule Baden-Württemberg.

Mit dem KIT entstand eine Institution international herausragender Forschung und Lehre in den Natur- und Ingenieurwissenschaften. Die KIT-Visionen in Forschung, Lehre und Innovation:

- KIT wird Attraktionspunkt für die besten Köpfe aus der ganzen Welt.
- KIT setzt neue Maßstäbe in der Lehre und Nachwuchsförderung.
- KIT wird das führende europäische Zentrum der Energieforschung.
- KIT wird eine weltweit sichtbare Rolle im Bereich der Nanowissenschaften spielen.
- KIT wird ein führender Innovationspartner der Wirtschaft.

On October 01, 2009, Forschungszentrum Karlsruhe and Universität Karlsruhe merged into the Karlsruhe Institute of Technology (KIT). KIT combines two missions in a single legal entity: It is a state university and, at the same time, a non-university large-scale research institution of the Helmholtz Association. KIT focuses on a knowledge triangle that links the tasks of research, teaching, and innovation.

With roundabout 8 500 employees and an annual budget of about EUR 650 millions, KIT is one of the largest institutions of research and education worldwide. It has the potential to assume a top position in the world in selected research areas. The objective: KIT becomes an institution of top research and excellent scientific education as well as a prominent location of academic life, life-long learning, comprehensive advanced training, unrestricted exchange of knowledge, and sustainable innovation culture.

# Karlsruhe Institute of Technology

KIT also is top in vocational training: More than 450 young adults are provided with practical knowledge in about 30 viable professions of commercial and technical character. In this field, KIT cooperates with Baden-Württemberg Cooperative State University.

KIT is an institution of internationally excellent research and teaching in natural and engineering sciences. KIT visions in research, teaching, and innovation:

- KIT attracts the best experts from all over the world.
- KIT sets yardsticks in teaching and the promotion of young scientists.
- KIT is the leading European center of energy research.
- KIT plays a role in nanosciences that is visible worldwide.
- KIT is a leading innovation partner of industry.



**Bright prospects:** KIT is one of largest institutions of research and education worldwide. **Beste Aussichten:** Das KIT ist eines der größten Forschungs- und Lehrinrichtungen weltweit.



## Impressum

KIT – Universität des Landes Baden-Württemberg  
und nationales Forschungszentrum  
in der Helmholtz-Gemeinschaft

Institut für Nanotechnologie (INT)

Hermann-von-Helmholtz-Platz 1  
76344 Eggenstein-Leopoldshafen  
Telefon: 07247 82-6350  
E-Mail: office@int.kit.edu

[www.int.kit.edu](http://www.int.kit.edu)

**Redaktion** Dennis Hickethier

**Texte** INT, PKM

**Gestaltung, Layout** Eva Geiger,  
Bernd Königsamen, SCC-PPM, Typografie

**Druck** Elser Druck, Mühlacker

**Titelbild** HWP Planungsgesellschaft mbH

1. Auflage  
Dezember 2009

## Fotos

Mit freundlicher Genehmigung/Unterstützung  
von:

- HWP Planungsgesellschaft mbH,  
Rotenbergstraße 8, 70190 Stuttgart  
(Kürzel: HWP Planungsgesellschaft mbH)
- Karlsruher Institut für Technologie  
(Kürzel: KIT)
- Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher  
Forschungszentren e.V. (Kürzel: HGF)
- [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org) (Kürzel: Wikipedia)
- der jeweiligen AGs/NGs (Kürzel: privat; oder  
anderweitig angegeben, wenn nicht angege-  
ben, informieren Sie sich bitte bei der AG/NG)
- Die Bilder, an denen das KIT die Rechte hat,  
wurden erstellt von: Markus Breig oder Gabi  
Zachmann, Abteilung PKM, Fotostelle des KIT
- Die Bilder, an denen die HGF die Rechte hat,  
wurden erstellt von: Frank Bierstedt, Sieben-  
wende 15, 38527 Meine