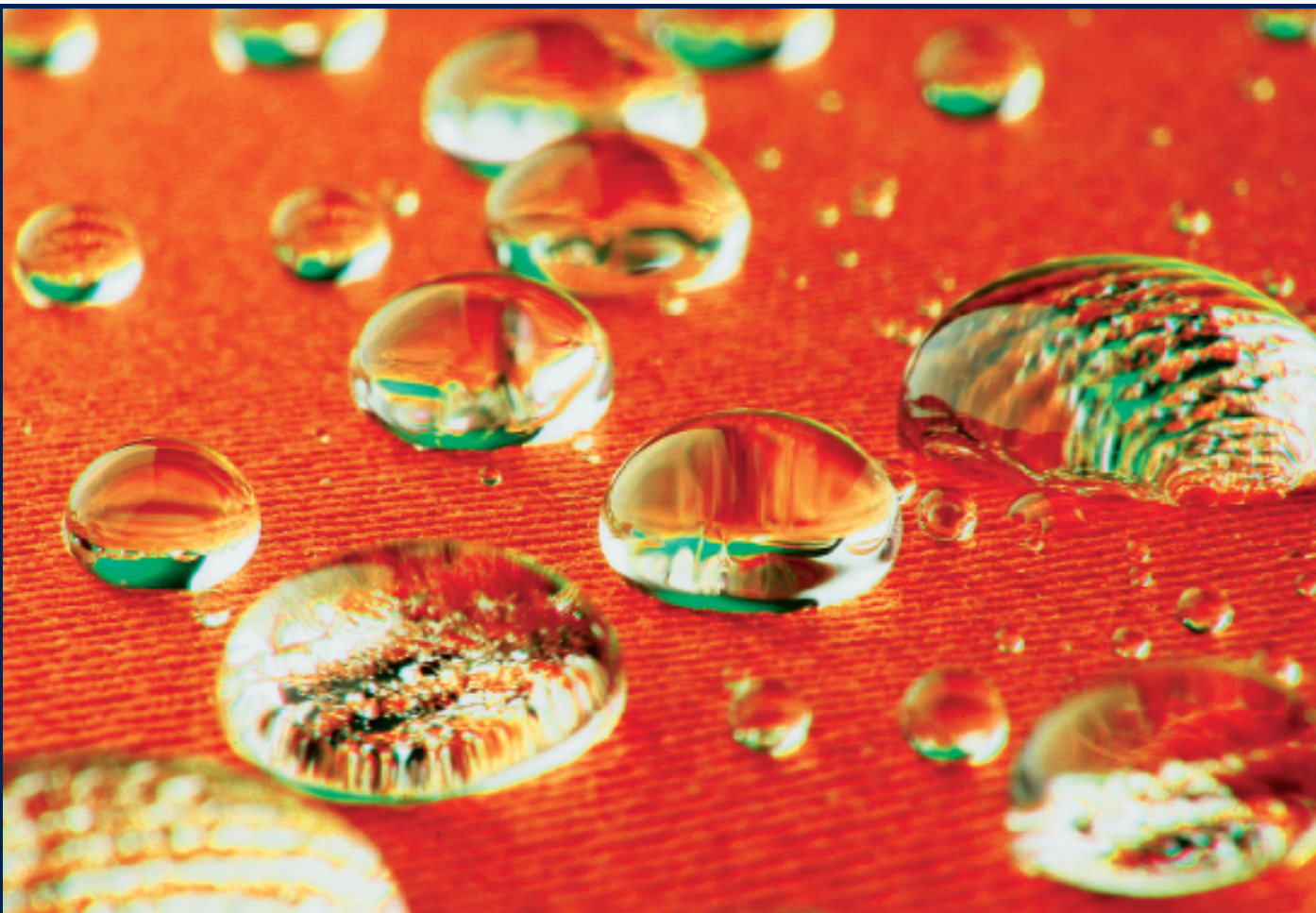


FORSCHUNG | KARRIERE | KOMPETENZ

# nanOTECHNOLOGIE

*aktuell*



BIO- UND NANOTECHNOLOGIEN | MATERIAL- UND NANOCHEMIE | MIKRO- UND NANOSTRUKTUREN  
MIKRO- UND NANOTECHNIK | MIKRO- UND NANOTECHNOLOGIEN | MOLECULAR NANO SCIENCE  
NANO ENGINEERING | NANO- UND MATERIALWISSENSCHAFTEN | NANOBIOPHYSICS

AUSGABE 4 2011

ISSN 1866-4997



# Inhaltsübersicht

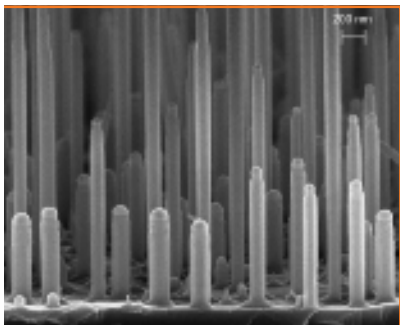
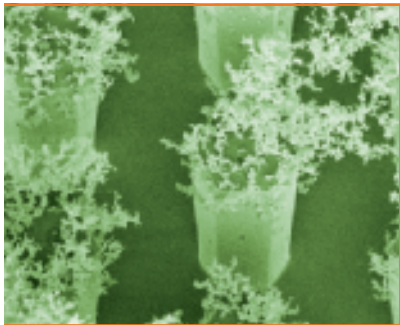
- **Editorial** ..... 1  
Peter Asel  
Institut für Wissenschaftliche Veröffentlichungen (IWW)
- **Zum Geleit** ..... 3  
Herbert Zeisel  
Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

## **FORSCHUNG**

- **Schützen und multifunktionell ausrüsten** ..... 12  
**Nanotechnologien für Oberflächen**  
Karl-Heinz Haas • Sprecher Fraunhofer-Allianz Nanotechnologie  
Fraunhofer-Institut für Silicatforschung, Würzburg
- **Eiskalt und unfassbar klein** ..... 42  
**Nanotechnologie am Quantenlimit**  
Andreas Günther • József Fortágh  
CQ Center for Collective Quantum Phenomena and their Applications,  
Universität Tübingen
- **Nano für die Umwelttechnik** ..... 48  
**Chancen und Herausforderungen**  
Wolfgang Luther  
Zukünftige Technologien Consulting (ZTC),  
VDI Technologiezentrum GmbH, Düsseldorf

## **KARRIERE**

- **Nanotechnologie macht Schule** ..... 64  
**Nanotechnologie innerhalb des Vereins Science on Stage Deutschland**  
Hanna Wendler  
Science on Stage Deutschland e.V., Berlin
- **Nanotechnologie studieren** ..... 68  
**Breites Spektrum neuer Angebote**  
Waldemar Baron  
VDI Technologiezentrum GmbH, Düsseldorf
- **Nanotechnologie in Erlangen** ..... 72  
**Neues Studienangebot – Konzept und erste Erfahrungen**  
Mathias Göken • Alexandra Haase  
Department Werkstoffwissenschaften, Universität Erlangen-Nürnberg

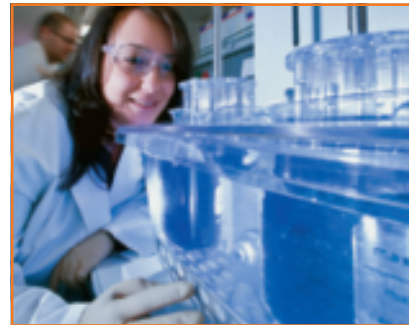




- **Nanoscience komplett** ..... **78**  
**Bachelor, Master und Graduiertenschule in Regensburg**  
 Jörg Mertins  
 Fakultät für Physik, Universität Regensburg
- **MASTER:ONLINE-Studiengang Nano- und Optoelektronik & Leistungselektronik** ..... **82**  
**Arbeit und Studium in Kombination**  
 Jörg Schulze • Heidi-Maria Götz  
 Universität Stuttgart, Universität Ulm
- **Die NOrA – Nano-Orientierungs-Akademie –** ..... **86**  
**als Einstieg für Schülerinnen in die Zukunftsbranche Nanotechnologie**  
 Ralf B. Wehrspohn • Ilka Bickmann  
 Projektleitung NOrA

**KOMPETENZ**

- **Auf der Suche nach dem Nano-Spezialisten** ..... **108**  
**Branchenreport enthüllt Fachkräftemangel der Nanotechnologie-Unternehmen im Südwesten**  
 Martin Monzel • Christoph Schreyer  
 NanoBioNet e. V., Saarbrücken
- **Im Netz(werk) der Nanomaterialien.** ..... **112**  
**Niedersachsen bündelt Kompetenzen in der Landesinitiative Nano- und Materialinnovationen Niedersachsen (NMN)**  
 Nano- und Materialinnovationen Niedersachsen e.V., [www.nmn-ev.de](http://www.nmn-ev.de)
- **Ultradünn und funktional.** ..... **116**  
**Anwendungsbeispiele für Nanometerschichten am Fraunhofer IWS**  
 Andreas Leson • Dr. Stefan Braun  
 Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik, Dresden
- **Netzwerk für Nano und Mikro** ..... **120**  
**IVAM Fachverband für Mikrotechnik**  
 IVAM Microtechnology Network, Dortmund
- **Wo Nanotechnologie studieren?** ..... **128**  
**Übersicht der Studiengänge auf [www.nano-bildungslandschaften.de](http://www.nano-bildungslandschaften.de)**  
 VDI Technologiezentrum GmbH im Auftrag des BMBF



# Nanoscience komplett

Bachelor, Master und Graduiertenschule in Regensburg



Die kleinsten Bausteine der Natur, die sich zu weit ausgedehnten Strukturen zusammensetzen lassen, sind die Atome. Sie sind das Alphabet der Natur, aber zufällig zusammengewürfelt wecken sie nur wenig Interesse. Bei sorgfältiger und sehr gezielter Anordnung ergeben sich jedoch Wörter, dann Bücher und ganze Literaturen.

Nanoscience ist eine junge, naturwissenschaftliche Disziplin, die diese »Bücher der Atome« nicht nur lesen kann, **sondern auch schreiben!** Man muss kurz innehalten, um dieses Schreiben-Können zu begreifen – mit schier endlosen Möglichkeiten technischer Innovationen, die dann in vielen Auflagen auf den Markt kommen werden! Atome? → Quantenphysik? Ja, genau deren Vorteile wollen wir nutzen!

Nanoscience ist physiknah, kontaktfreudig zu Chemie und Biologie, ein Basar für Ingenieure auf der Suche nach dem Machbaren für Morgen. **»Connecting Quanta«**: Mit der Variation eines bekannten Werbeslogans lässt sich am besten das wissenschaftliche, kommunikative, technologische und gesellschaftliche Potential von Nanoscience verdeutlichen.

Die Physiker der Universität Regensburg bieten seit kurzem Nanoscience komplett aus einer Hand an, vom Studienbeginn über Bachelor und Master bis hin zur Promotion in einer Graduiertenschule. Sie werden dabei von den Chemikern unterstützt.

Hier, wo sich die größte Physikertagung Europas seit Jahrzehnten wohlfühlt, hat man Erfahrung mit neuen Wegen: So ist in den letzten 15 Jahren eine **bemerkenswerte Dynamik** in der Forschung entstanden, nicht nur, aber gerade auch in den Nanowissenschaften, mit beachtlichen Erfolgen und millionenschweren Drittmittelprojekten wie z. B. dem Sonderforschungsbereich 689 (Spinphänomene in reduzierten Dimensionen) oder

dem Graduiertenkolleg 1570 (Elektronische Eigenschaften von Nanostrukturen auf Kohlenstoffbasis). Nun soll mit den neuen Studienangeboten in Nanoscience den Studierenden ein gründlich vorbereiteter und dennoch besonders früher Einstieg in die Forschung dieses faszinierenden Zukunftsgebietes ermöglicht werden.

Heute möchte ich Ihnen das Konzept unseres neuen »Nanoscience komplett« Lehrangebotes vorstellen. Im nächsten Heft werde ich dann ausführlich über unsere zahlreichen Forschungsprojekte berichten durch die unsere neuen Studiengänge inspiriert wurden.



## BACHELOR NANOSCIENCE

Bei der Gestaltung unseres Bachelor-Studiengangs in Nanoscience stand die Frage im Vordergrund, was unsere Studenten in 6 Semestern lernen sollten, um die großen Themen der Nanowissenschaft nicht nur nachvollziehen, sondern **aktiv vorantreiben und weiterentwickeln** zu können.

Auf Längenskalen von wenigen Nanometern, kaum mehr als ein paar Abstände zwischen einzelnen Atomen, treten physikalische Phänomene auf, die sich nicht alleine aus der puren Verkleinerung der Erfahrungen mit alltäglichen Gegenständen ergeben. Und genau hier beginnen

AUTOR

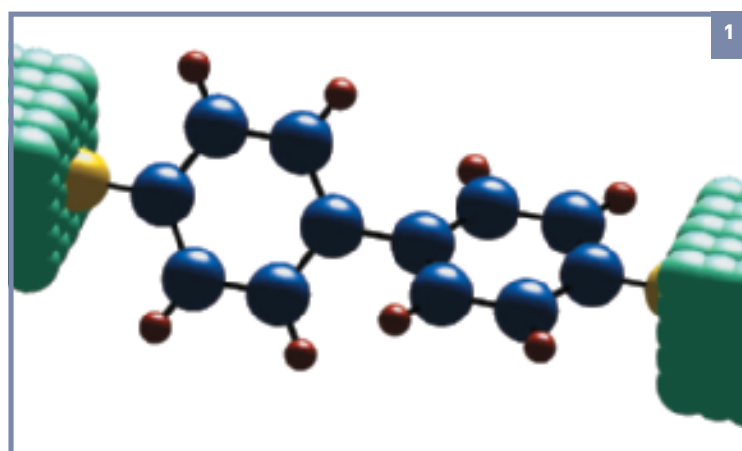
Jörg Mertins

Faszination und Problem der Nanowelt gleichermaßen: Nur mit dem Verständnis der wichtigsten Grundlagen der Quantenmechanik, einer mathematischen Beschreibung der Nanowelt, kann man im Grenzgebiet zwischen Chemie, Biologie und Physik Neues entdecken und weiterentwickeln. Und weil Neues meist gerade nicht trivial ist, stellen wir an unsere Studenten den hohen Anspruch, besonders frühzeitig (im 3. Semester) eine vollwertige Ausbildung in Quantenmechanik zu erhalten, die sich bei weitem nicht nur auf ein einfaches Verständnis von Potentialtopf und

Nanoscience-Praktikum zusätzlich angeboten, dem zwei Kursvorlesungen über Nanomaterialien vorangehen.

Um schnell dieses Niveau von solidem theoretischem Verständnis und praktischen Laborerfahrungen erreichen zu können, sind die ersten Semester von Pflichtvorlesungen geprägt mit vergleichsweise wenigen Wahlmöglichkeiten, wogegen gerade die Semester 5 und 6 in großen Teilen aus frei wählbaren Veranstaltungen bestehen. Hier soll bereits eine individuelle

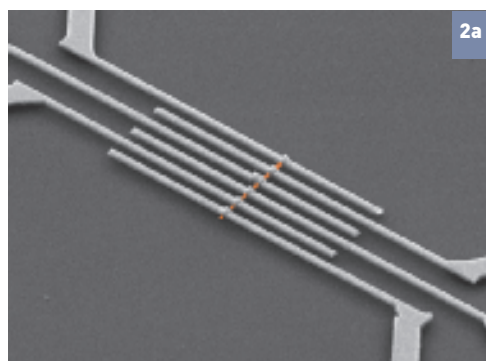
Spezialisierung beginnen, die wir auf Wunsch selbstverständlich gerne beratend begleiten. Durch den im 5. Semester ungewöhnlich großen Wahlbereich ergibt sich sogar bereits hier im Bachelor-Studium eine gute Gelegenheit, ein Semester im Ausland zu verbringen. Im Wahlbereich des Studiums können auch Veranstaltungen aus der Biologie belegt werden. Einen



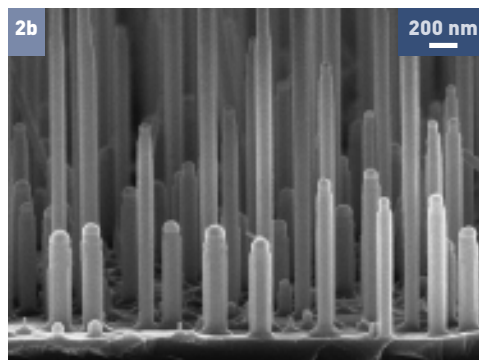
**Abbildung 1** • Moleküle als winzige, quantenmechanisch gesteuerte Schalter • Theoretische Untersuchungen der AG Prof. Grifoni

Tunnelbarriere beschränkt. An diesem Anspruch orientieren sich die Grundvorlesungen in Physik, Chemie und Mathematik, und später auch die Festkörperphysik. Mit einer neuen Vorlesung

beispielhaften Studienverlauf finden Sie unter <http://www.physik.uni-regensburg.de/nanoscience/studium/index.phtml#studium>.



**Abbildung 2a** • Elektrisch kontaktierter Nanodraht mit einer Schalenstruktur (core-shell) aus Galliummanganarsenid und Galliumarsenid, ca. 4 Mikrometer lang (eingefärbt). Der gesamte Bildausschnitt ist deutlich kleiner als die Dicke eines menschlichen Haares. • Drahtwachstum AG Dr. Reiger, Kontaktierung und Foto Ch. Butschkow, Lst. Prof. Weiss



**Abbildung 2b** • Drähte – mit nur 40 Nanometer Durchmesser und damit 1000mal dünner als ein menschliches Haar – können gezielt in einer Schalenstruktur (core-shell) gewachsen werden, um ihre Eigenschaften zu optimieren: Innen Galliumarsenid, ein Halbleiter von ähnlicher Bedeutung wie Silizium, außen Galliumaluminiumarsenid. Auf den Drähten ist oben eine Goldkappe zu sehen, die beim meist einkristallinen Wachstum hilft. • AG Dr. Reiger

»Mathematik für Nanoscience« wollen wir auf diesem Weg einen pragmatischen Einstieg erleichtern. Experimentell wird neben einem Grundlagen- und Fortgeschrittenen-Praktikum gemeinsam mit der Chemie-Fakultät ein neues

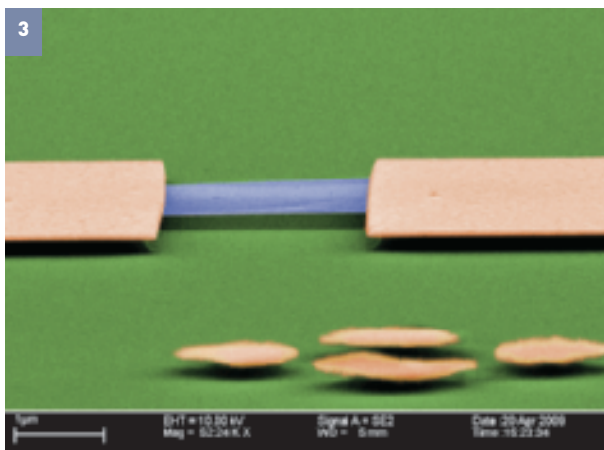
Das Bachelor-Studium schließt mit einer Bachelor-Arbeit ab, während der die Studierenden bereits fest in eine Forschungsgruppe eingebunden sind und trotz der vergleichsweise kurzen Zeit von nur wenigen Wochen einen sehr guten

Eindruck vom Laboralltag vermittelt bekommen. Es ist sowohl für die Studierenden als auch für die Forschungsgruppen eine gern genutzte Gelegenheit, hinsichtlich einer sich möglicherweise anschließenden Masterarbeit oder Promotion auf sich aufmerksam zu machen. Die Fakultät für Physik hat eine Datenbank mit Themen von Bachelor-Arbeiten eingerichtet, die einen Eindruck von unserem vielfältigen Angebot gibt. Während einige Themen prinzipiell sowohl für Bachelorarbeiten in Physik als auch in Nanoscience geeignet sind, wird es speziell auf Nanoscience abgestimmte Angebote ab dem Sommersemester 2012 geben, da dann die ersten Studierenden im 6. Semester sein werden. Link: <http://www.cgi.uni-regensburg.de/Fakultaeten/Physik/Fakultaet/bacharb/index.php>.

des Bachelor-Studiengangs Nanoscience belegt worden sind, ebenso wie Bachelor-Absolventen der Physik unter bestimmten Voraussetzungen in den Master-Studiengang Nanoscience aufgenommen werden. Externe Interessenten beraten wir gerne, Kontaktinformationen befinden sich am Ende des Artikels.

Diese Flexibilität bietet den Studierenden ein hohes Maß an Sicherheit, ihren wissenschaftlichen Interessen auch dann folgen zu können, wenn sich hier größere Verschiebungen, zum Beispiel von der Theorie zum Experiment oder in Richtung Chemie (oder umgekehrt) ergeben sollten.

Das Master-Programm selbst wird gemeinsam mit der Chemie-Fakultät angeboten werden, in Teilen auf Englisch. Es wird eine so breite



**Abbildung 3** • Freischwebendes Graphen (blau eingefärbt) • Graphen ist die dünnste denkbare Folie. Sie besteht aus Kohlenstoff und ist nur eine einzige Atomlage dick. Seit zwei Jahren kann sie in Regensburg auch freischwebend untersucht werden. • AG Prof. Weiss



**Abbildung 4** • Das Logo der Universität Regensburg, geschrieben mit einzelnen Kupferatomen (Cu auf Cu (111)). Der Abstand der einzelnen Atome (helle Punkte) beträgt nur 1,3 Nanometer = 0,000 000 001 3 Meter. • AG Prof. Repp

Die Berufsaussichten für Nanoscience-Absolventen schätzen wir ähnlich herausragend ein wie die der Physiker. Der klassische Berufseinstieg erfolgt(e) hier auf dem Niveau des Diplom- bzw. Master-Abschlusses, so dass wir momentan dringend empfehlen, weitere 4 Semester zu studieren, um einen Master-Abschluss zu erreichen. Hierfür stehen in Regensburg allen unseren Bachelor-Absolventen auch genügend Studienplätze zur Verfügung.

#### MASTER NANOSCIENCE

Das Master-Programm in Nanoscience wird zum Wintersemester 2012/13 beginnen, als nahtloser Anschluss für unsere ersten Bachelor-Absolventen. Als Alternative bieten wir einen Einstieg ins Master-Programm Physik an, wenn bestimmte Physik-Vorlesungen im Wahlbereich

Themenvielfalt erreichen, dass Masterarbeiten und Promotionen zum Dr. rer. nat. sowohl in der Physik- als auch in der Chemie-Fakultät in Frage kommen. Bereits heute herrscht unter den Master-Studenten und Doktoranden unserer Fakultät ein reger und sehr begrüßter Austausch zwischen den verschiedenen Arbeitsgruppen, z. B. bei der Herstellung und Charakterisierung von Proben, aber auch bei neuen Ideen, bestehende Messmethoden zu kombinieren. Wir freuen uns darauf, diese Kultur demnächst regelmäßig über die Fakultätsgrenzen hinaus zu pflegen, und sind uns sicher, dabei spannende Entdeckungen zu machen.

#### GRADUIERTENSCHULE NANOSCIENCE

Ihnen ist sicherlich nicht entgangen, dass bereits im Abschnitt über das Master-Programm

häufiger das Stichwort Promotion gefallen ist. Für junge Forscher, die sich bereits nach Ihrem Bachelor-Abschluss eine Promotion vorstellen können, ist es sinnvoll, Masterarbeit und Promotion als eine Einheit zu sehen und zu gestalten. Deshalb haben wir bereits jetzt eine Graduiertenschule Nanoscience gegründet, die interessierten und geeigneten Physikern, Nanowissenschaftlern und Chemikern offensteht: Ihr Ziel ist eine Zusammenfassung von Master- und Promotionsprojekt zu einem einzigen Forschungsvorhaben aus einem Guss, das dennoch die Möglichkeit bietet, einen Masterabschluss als Zwischenschritt zu erwerben.

Eine intensive Betreuung und fachliche Begleitung durch einen frei von den Studierenden wählbaren Mentor wird bereits unmittelbar nach dem Bachelorabschluss angeboten und begleitet die Studierenden parallel zum später dazukommenden klassischen »Doktorvater« bis zu ihrer Promotion. Ferner gibt es gemeinsame Graduiertenseminare, die über den Horizont der unmittelbaren Umgebung hinaus Einblicke in die aktuellen Themen der Nanoscience in Regensburg geben sollen und vermehrt Initiativen für gemeinsame Projekte auch auf Doktorandenebene anstoßen werden. Workshops und Konferenzreisen im In- und Ausland werden ebenso unterstützt wie Einladungen von Gästen und frühzeitiges Publizieren. Das alles sind beste Voraussetzungen, um in einem Umfeld inspirierender Unterstützung, aber frei von verschulter Curricula wissenschaftliche Selbständigkeit zu erlernen und mit qualitativ hochwertigen Arbeiten auf sich aufmerksam zu machen.

Mit Abschluss der Promotion bekommt jeder Absolvent der Graduiertenschule zusätzlich zur Promotionsurkunde ein Gutachten ausgestellt, das besondere (nicht nur rein wissenschaftliche) Leistungen würdigt, beispielsweise bei der Organisation von Workshops. Diese wertvollen Erfahrungen finden oft zu wenig Wertschätzung seitens der Unis, obwohl sie später insbesondere bei industriell orientierten Bewerbungen für Tätigkeiten mit Kommunikations- oder Managementaufgaben sehr nützlich sind.

Bewerbungen für die Graduiertenschule können Sie mit den üblichen Unterlagen jederzeit einreichen. Falls das Bachelorzeugnis und die Bachelorendnote noch nicht vorliegen, bitten wir ebenfalls um einen Ausdruck aller bisherigen

Studienleistungen inklusive der jeweiligen Noten. Im Anschreiben sollten Sie auch kurz ihre gegenwärtigen eigenen fachlichen Interessen beschreiben. (Wir sehen das jedoch ausdrücklich nicht als Vorfestlegung ihres Promotionsthemas!) Vor einer Entscheidung über Ihre Aufnahme werden wir Sie zu einem Workshop einladen, wo Sie (und andere Bewerber) jeweils Kurzvorträge (15min Vortrag + 5min Diskussion) über das Thema Ihrer Bachelorarbeit halten werden, wobei die Diskussion auf Englisch sein wird. Übliche Termine hierfür sind im Juli und Dezember, bei Bedarf auch dazwischen.

#### FAZIT

Mit unseren neuen Studiengängen in Nanoscience haben wir für Sie aufgeräumt: Gründlichkeit bei genau den mathematischen und physikalischen Disziplinen, die Sie wirklich brauchen, zahlreiche nützliche Schnittstellen zur Chemie und Biologie sowie viele Laborerfahrungen werden Sie bestens auf Ihren Traumjob vorbereiten!

#### KONTAKT

Anfragen für weitere Informationen zu unseren Nanoscience-Programmen sowie Bewerbungen richten Sie bitte direkt an mich:

● Dr. Jörg Mertins  
Fakultät für Physik  
Universität Regensburg  
Universitätsstraße 31  
D-93040 Regensburg



(Bewerbungsunterlagen können wir leider nicht zurückschicken.)

Oder als ein pdf-file, max. 5 MB:  
[joerg.mertins@physik.uni-regensburg.de](mailto:joerg.mertins@physik.uni-regensburg.de)

Wir freuen uns auf Ihr Interesse!  
Ihr Dr. Jörg Mertins



Universität Regensburg