

Oliver Auge (Hg.)
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
350 Jahre Wirken in Stadt, Land und Welt



Christian-Albrechts- Universität zu Kiel

350 Jahre Wirken in Stadt, Land und Welt

Herausgegeben von Oliver Auge

350

WACHHOLTZ
MURMANN PUBLISHERS

1. Auflage 2015

© 2015 Wachholtz Verlag – Murmann Publishers, Kiel/Hamburg

Das Werk, einschließlich aller seiner Teile, ist urheberrechtlich geschützt.
Jede Verwertung ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig. Das
gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen
und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.







Gesamtherstellung: Wachholtz Verlag
Satz und Layout: Das Herstellungsbüro, Hamburg
Printed in Germany
ISBN 978-3-529-05905-6

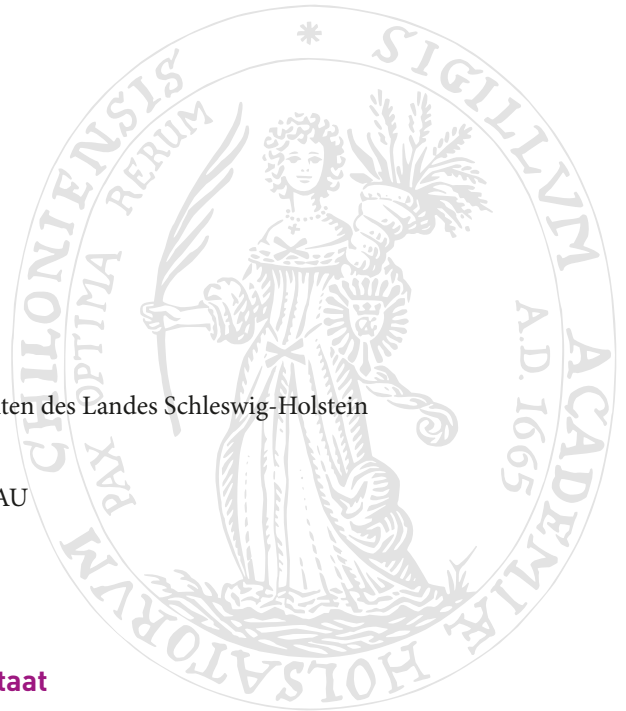
Besuchen Sie uns im Internet:
www.wachholtz-verlag.de

Inhalt

- Torsten Albig
11 Grußwort des Ministerpräsidenten des Landes Schleswig-Holstein
- Lutz Kipp
13 Vorwort des Präsidenten der CAU
- Oliver Auge
19 Vorwort des Herausgebers







Verhältnis zu Stadt und Staat

- Ulf Kämpfer
29  Lebendige Zweierbeziehung: Die CAU und die Landeshauptstadt Kiel
- Kristin Alheit
41  Die CAU und das Land Schleswig-Holstein
- Uta Kuhl
51  Wissenschaften und die Gelehrsamkeit um ihrer selbst willen – Die Gottorfer Herzöge als Förderer der Wissenschaft
- Olaf Mörke
67  Das Verhältnis von Universität und Staat im Spannungsfeld von Selbst- und Fremdbestimmung
- Swantje Piotrowski
107  Die Finanzierung der Christiana Albertina in der Frühen Neuzeit 1665 bis 1800
- Gerhard Fouquet
141  »Woher das Geld nehmen zur Verbesserung der Universität?« – Die Finanzen der Kieler Universität 1820 bis 1914



-
- Klaus Gereon Beuckers**
175  Gebaute Bildungspolitik. Die architektonische Entwicklung der CAU
- Oliver Auge**
216  Die CAU feiert: Ein Gang durch 350 Jahre akademischer Festgeschichte
- Martin Göllnitz**
260  »Hier schweigen die Musen« – Über die erfolgten Schließungen und geplanten Aufhebungen der Christiana Albertina
- Ludwig Steindorff**
277  Die Schleswig-Holsteinische Universitäts-Gesellschaft

Die Fakultäten

- Rudolf Meyer-Pritzl**
291  Die Rechtswissenschaftliche Fakultät
- Wolfgang J. Duschl**
305  Die Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät
- Joseph-Alexander Verreet**
313  Die Agrar- und Ernährungswissenschaftliche Fakultät
- Thorsten Burkard und Markus Hundt**
329  Die Philosophische Fakultät
- Andreas Müller**
344  Die Theologische Fakultät
- Jörn Henning Wolf**
360  Streiflichter auf das Leistungsspektrum und wissenschaftliche Forschungsprofile der Kieler Hochschulmedizin in der jüngeren Vergangenheit und Gegenwart

Michael Illert und Ulrich Stephani

- 378  Die Medizinische Fakultät der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel – Im 350. Jahr

Horst Raff


- 391  Die Wirtschafts- und Sozialwissenschaftliche Fakultät

Frank Paul


- 405  350 Jahre CAU – 25 Jahre Technische Fakultät

Forschende, Lehrende, Studierende


Oliver Auge

- 425  Der Kieler Professor bis zur Mitte des 20. Jahrhunderts – Eine typologische Annäherung


Swantje Piotrowski

- 451  Vom Wandel der Fakultätenhierarchie und der Entwicklung des Lehrkörpers an der Christiana Albertina in der Zeit von 1665 bis 1815

Martin Göllnitz

- 498  Forscher, Hochschullehrer, Wissenschaftsorganisatoren: Kieler Professoren zwischen Kaiserreich und Nachkriegszeit

Gabriele Lingelbach

- 528  Akkumulierte Innovationsträgheit der CAU: Die Situation von Studentinnen, Wissenschaftlerinnen und Dozentinnen in Vergangenheit und Gegenwart


Rainer S. Elkar

- 561  Beteiligung und Verantwortung – Ausschnitte einer studentischen Geschichte zu Kiel

Wilfried Müller

- 611  Die Kieler Studierendenbewegung – Eine persönliche Chronologie

Stefan Bichow

- 622  »Verfolgung und Ermordung der Universitätswürde 1968« –
Die Studentenproteste an der Christian-Albrechts-Universität

Franz Hausmann

- 637  Vom »Tumult« zu einer studentischen Interessenvertretung

Lena Denecke

- 648  Der AStA der CAU von 1968 bis 2008

Steffen Regis


- 664  Von, mit, für Studierende! – Über die Studierendenvertretung
der CAU in den Jahren 2008 bis 2014 und ihre Perspektiven

Jan-Peters Janssen


- 679  Leibesübungen und Sport an der Kieler Universität – von der
Dänenzeit bis zur Weimarer Republik

Exzellenz im Norden


Gerd Hoffmann-Wieck

- 699  Das GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung
Kiel und die Geschichte der Kieler Meereskunde

Martin Visbeck und Ralph R. Schneider

- 724  Exzellenzcluster *Ozean der Zukunft*

Denis Schimmelpfennig

- 736  Forschungsschwerpunkt Nanowissenschaften und
Oberflächenforschung

Johannes Müller


- 748  Von Johanna Mestorf zur Akademie – Die Rolle von
Gesellschaft, Archäologie und Landschaft an der CAU

Stefan Schreiber


- 775  Exzellenzcluster *Entzündung an Grenzflächen*

Weltwissen – Die Sammlungen

Else Maria Wischermann

- 799  Geschichte und Gegenwart der Universitätsbibliothek –
350 Jahre im Dienst der Universität


Claus von Carnap-Bornheim

- 815  Die Stiftung Schleswig-Holsteinische Landesmuseen
Schloss Gottorf – Ein Essay


Anette Hüsch

- 829  Dreihundertfünfzig


Joachim Raeder

- 837  Die Antikensammlung in der Kunsthalle zu Kiel


Tobias Delfs und Martin Krieger

- 853  Das Völkerkundemuseum der CAU


Dirk Brandis und Wolfgang Dreyer

- 881  Die zoologischen Schätze der Universität – Ein Jubiläum
im Jubiläum

Andreas Villwock

- 895  Aquarium des Instituts für Meereskunde an der Universität
Kiel – Heute: Aquarium GEOMAR

Eckart Bedbur

- 907  Die Geologische und Mineralogische Sammlung

Eva Fuhry

- 915  Die Medizin- und Pharmaziehistorische Sammlung

Martin Nickol


- 926  Die Geschichte des Botanischen Gartens

Jobst Sievers und Bernhard Tillmann


- 938  Die wissenschaftliche Sammlung im Anatomischen Institut der CAU

Die CAU International


Oliver Auge und Martin Göllnitz

- 949  Kieler Professoren als Erforscher der Welt und als Forscher in der Welt: Ein Einblick in die Expeditionsgeschichte der Christian-Albrechts-Universität

Michael Müller-Wille

- 973  Rektoratsverbindungen zu den Universitäten Rostock und Greifswald sowie zu Hochschulen der Ostseeanrainerstaaten (1989 bis 1992)

Martina Schmode

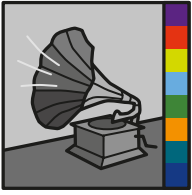
- 991  Hinter dem Horizont geht's weiter – Zur Entwicklung des International Center und internationaler Beziehungen der CAU

Sebastian Elsässer

- 1005  Wie forscht und lehrt man »international«? Das Beispiel der Orientalistik an der CAU

Anhang

- 1021 Abbildungsverzeichnis
- 1025 Verzeichnis der Autorinnen und Autoren



Forschungsschwerpunkt Nanowissenschaften und Oberflächenforschung

von Denis Schimmelpfennig

Forschen im Extremen: bis an die Grenzen der Dimensionen – und zurück

Nano-, Piko-, Femto-: Diese Vorsilben beschreiben den milliardsten, billionsten und milliardsten Teil eines Meters oder einer Sekunde. Aus Systemen, die sich auf diesen Skalen bewegen, setzt sich unsere Welt zusammen. Das sind Moleküle, Atome und Elektronen. In den Nanowissenschaften geht es jedoch nicht um diese Bausteine an sich, sondern um daraus aufgebaute kleine Strukturen. Welche Eigenschaften besitzen sie, nach welchen Regeln verhalten sie sich und wie können wir die Erkenntnisse darüber nutzen? Über 60 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler mit ihren Arbeitsgruppen finden an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel (CAU) Antworten auf diese Fragen. Im Forschungsschwerpunkt Nanowissenschaften und Oberflächenforschung bündeln sie ihr Wissen und ihr Können aus der Chemie, Physik, Biologie, den Materialwissenschaften, der Elektrotechnik, Informatik, Lebensmitteltechnologie und verschiedenen medizinischen Disziplinen.

Die winzigen Strukturen, mit denen es die Forschenden zu tun haben, sind mit den allseits bekannten Lichtmikroskopen nicht erkennbar. Spezielle Elektronenmikroskope, Rastersondenmethoden oder brillantes Röntgenlicht werden stattdessen genutzt, um die Materialien zu beobachten und zu beschreiben. Jenseits der Auflösungsgrenze des Lichts herrschen andere Gesetze als in unserem makroskopischen Kosmos. Hier spielt die Quantenphysik eine große Rolle. Die mechanischen, optischen, magnetischen, elektrischen und chemischen Eigenschaften kleinster Strukturen hängen nämlich nicht allein von der Art des Ausgangsmaterials ab, sondern in besonderer Weise von ihrer Größe und Gestalt. D.h. dass Nanomaterialien mit gleicher Zusammensetzung, aber

unterschiedlicher Morphologie sich völlig verschieden verhalten können. Eine zentrale Rolle spielt dabei die Chemie und die Physik, die sich an Oberflächen abspielt.

»Interessante Effekte zu finden, zu verstehen und in neue Anwendung zu bringen, ist meine Motivation für die Nanostrukturforschung. Uns stehen neuerdings Möglichkeiten zur Verfügung, Materie aus wenigen Atomen aufzubauen und zu analysieren. Faszinierend dabei ist die universelle Anwendbarkeit von Nanostrukturen: Wenige metallische Atome können zum Beispiel einerseits als Nanodraht empfindliche Sensoren formen und andererseits in der Medizin wegen ihrer antibakteriellen Wirkung eingesetzt werden.«

Professor Rainer Adelung, Funktionale Nanomaterialien.

Zunehmend verstehen und kontrollieren die Kieler Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler diese Systeme, indem sie neue Eigenschaften durch neue Methoden entdecken und ausnutzen. So können z. B. ultraschnelle Prozesse von wenigen Femtosekunden analysiert und damit chemische Reaktionen verbessert werden. Neuartige Nachweisttechnologien geben Einblicke in molekulare und atomare Zusammensetzungen von Materialien. Die Ergebnisse dieser Forschung eröffnen völlig neue Möglichkeiten und Chancen für die Gesellschaft von heute und morgen: Materialien mit maßgeschneiderten faszinierenden Eigenschaften, umweltfreundliche multifunktionale Werkstoffe, steuerbare Moleküle und vieles mehr werden von den Forschenden im Schwerpunkt entwickelt. Zum Einsatz kommen sie in der Medizin, Umwelttechnik, dem Maschinenbau und neuen Computerkonzepten.

Von Max Planck zu den Kieler Nanowissenschaften

Die Wurzeln der Kieler Nano- und Oberflächenforschung reichen bis zum Anfang des 20. Jahrhunderts zurück. Neben dem Beweis der Atomtheorie und der Relativitätstheorie Einsteins veränderte vor allem eines damals das Weltbild der klassischen Physik grundlegend und führte zur sog. modernen Physik: die Quantenhypothese Max Plancks. Der gebürtige Kieler, der auch seine erste Pro-

fessur in der Fördestadt innehatte, ging davon aus, dass nicht nur die Materie, sondern auch die Energie, die von Atomen und Molekülen aufgenommen bzw. abgegeben wird, nicht kontinuierlich aufteilbar, sondern gequantelt ist. Dieses Konzept widersprach der ganzen bisherigen Physiktheorie und begründete ein neues Gebiet: die Quantenphysik. Das revolutionierte die Naturwissenschaften und Technik. Durch sie war es nun möglich, Vorgänge in der atomaren Welt korrekt zu beschreiben. Ein Ende der für den Alltag relevanten Anwendungen, ob Mikroelektronik, Laser oder moderne medizinische Diagnostik, ist nicht in Sicht.

Viele weitere große Forscherinnen und Forscher aus Kiel prägten die Naturwissenschaften nachhaltig. Jeder Chemikerin und jedem Chemiker dürften die Namen der Nobelpreisträger Otto Diels und Kurt Alder bekannt sein. 1928 veröffentlichten die beiden die Entdeckung eines allgemeinen Prinzips von chemischen Reaktionen, die Diels-Alder-Reaktion. Die weitreichende Bedeutung haben weder Diels und Alder noch die Fachwelt sofort erfasst. Erst später wurde erkannt, wie weit die Einsatzmöglichkeiten reichen, denn mit der Diels-Alder-Reaktion wird die Herstellung von vielen Stoffen, z. B. Duftstoffen, Insektiziden und Arzneibestandteilen wie dem Kortison ermöglicht. Diels forschte und lehrte fast seine ganze Berufslaufbahn in Kiel bis zu seiner Emeritierung 1944. Auf Wunsch der Universität übernahm er 1946 den Wiederaufbau des im Zweiten Weltkrieg zerstörten Chemischen Instituts, bis er 1948 erneut emeritiert wurde.

In der Nachkriegszeit wuchsen nicht nur die Studierendenzahlen und der Lehrkörper der CAU stark an. Vor allem die Wissenschaftsdisziplinen entfalteten und gliederten sich derart auf, dass sich die Philosophische Fakultät als größte aller Fakultäten 1963 in die Philosophische und die Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät aufteilte. Es gab allein vier physikalische Institute. Davon waren drei experimentell orientiert, nämlich das Institut für Experimentalphysik, das Institut für Angewandte Physik und das Institut für Kernphysik. Dazu kam das Institut für Theoretische Physik und Astrophysik.

»Als Jugendlicher habe ich mit Begeisterung mit Konstruktionsbaukästen kleine Fahrzeuge und Maschinen gebaut. Dass sich dieses Hobby mit meiner Leidenschaft für die Chemie verbinden lässt, hatte ich damals nicht ahnen können. Mittlerweile ist die Chemie soweit fortgeschritten, dass

man makroskopische Funktionen, wie Transportieren, Pumpen, Konstruieren, Information verarbeiten et cetera auf nanoskopischer Ebene mit molekularen Maschinen verwirklichen kann. Aus der Miniaturisierung ergeben sich auch völlig neue Anwendungen, an denen wir arbeiten, wie mit Licht ein- und ausschaltbare Medikamente, maschinenähnliche Moleküle, die Informationen über biochemische Prozesse im Körper lesen und abrufbar machen und vieles mehr.«

Professor Rainer Herges, Organische Chemie.

Die Vielfalt vergrößerte sich seit 1974 noch einmal, denn zur Atom- und Plasmaphysik kam das neue Arbeitsgebiet Festkörperphysik und Synchrotronstrahlung hinzu. Es bildeten sich die Arbeitsgruppen Röntgenspektroskopie und Oberflächenphysik / Elektronische Struktur. Intensive Forschungen mit brillantem Röntgenlicht am Teilchenbeschleuniger des Deutschen Elektronen-Synchrotron (DESY) in Hamburg mit Aufbau und Betrieb eigener Instrumente begannen, die bis heute anhalten. Mit aufwendigen Labormethoden untersuchen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler dort die Ordnung von Atomen im Innern und an Grenzflächen von Materialien, aber auch die Dynamik von elektronischen Zuständen. Die Kieler Chemie und Physik bauten nach und nach ein großes Wissen um die Herstellung von hochreinen Oberflächen auf, die für deren Analyse unverzichtbar sind. Ein Ultrahochvakuumsystem mit Elektronenspektrometer wurde gebaut, was durch die Arbeit mehrerer Generationen zum Kieler Labor für Oberflächenspektroskopie erweitert wurde. Ziel ist, die Beziehung zwischen nanoskopischen und makroskopischen Eigenschaften von Festkörpern zu verstehen. Treibende Kraft ist neben der Grundlagenforschung die Technologie, da bei zunehmend kleineren elektronischen Bauelementen ihre Funktion immer mehr von elektronischen Ober- und Grenzflächeneigenschaften beeinflusst wird.

Auf der Suche nach neuen Materialien begannen die Kieler Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, extrem dünne Schichten herzustellen und mit Hilfe der Synchrotronstrahlung zu untersuchen. Grenzflächen zwischen unterschiedlichen Materialien, wie sie z. B. in Batterien und Solarzellen vorkommen und dort den Ladungstransport beeinflussen, gehörten ebenso zu den Forschungsthemen wie schwere Teilchen, die maßgeschneiderte Herstellung von Gold-Nanopartikeln und die Frage, was an Oberflächen passiert, wenn sie mit

Flüssigkeiten benetzt werden. Mit Synchrotronstrahlung können Änderungen der Struktur auf Nanometermaßstab direkt während des Ablaufs chemischer Reaktionen oder physikalischer Prozesse, wie z. B. Dehnung des Materials, verfolgt werden. Solche operando-Untersuchungen sind heute ein wesentliches Werkzeug in der Weiterentwicklung von Hightech-Anwendungen.

Mit der Gründung der Technischen Fakultät 1990 und der Einrichtung der Studiengänge Elektrotechnik sowie Materialwissenschaft verbreiterte die Universität ihr wissenschaftliches Spektrum erheblich. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler arbeiteten immer häufiger über die Disziplinen hinweg zusammen und holten auch außeruniversitäre Forschungseinrichtungen wie das Fraunhofer-Institut für Siliziumtechnologie (ISIT) in Itzehoe oder das Forschungszentrum Geestacht an Bord. Ein Meilenstein dieser Kooperation war 1999 erreicht: Ein Antrag bei der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) auf Förderung einer Forschergruppe war erfolgreich. Beteiligt waren die Kristallographie, Chemie, Physik und Materialwissenschaften. Mittelpunkt des Projektes waren Chalkogenid-Schichtstrukturen, Verbindungen von Metallen mit Sauerstoff, Schwefel und Tellur. Neben den grundlegenden Fragen nach den Eigenschaften, dem Aufbau und wie sie hergestellt werden können, ergründeten die Beteiligten neue Anwendungen des Materials, etwa in Lithium-Batterien, Katalysatoren und Leuchtdioden.

Die erfolgreiche Arbeit der Forschenden im Bereich Nanowissenschaften blieb auch der Universitätsleitung und Außenstehenden nicht verborgen: Der Fachbereich Physik wurde 1998 auf der Basis eines externen Gutachtens gestrafft, um schlagkräftiger große Drittmittelprojekte einwerben zu können. Festkörper- und Oberflächenphysik waren die einzigen Bereiche, die nicht gekürzt, sondern sogar leicht ausgebaut wurden. Auch wenn diese Umstrukturierung sehr schmerzlich war – drei experimentelle Institute wurden zu einem zusammengefasst, 150 Planstellen auf 100 reduziert –, wirkte sie sich langfristig positiv aus. Heute sind Physikerinnen und Physiker des Forschungsschwerpunkts Nano- und Oberflächenforschung gemeinsam mit Kolleginnen und Kollegen aus den anderen Fachbereichen an vier Sonderforschungsbereichen beteiligt.

»Ursachen zu finden, die zum individuell unterschiedlichen Ansprechen von Arzneistoffen beim Menschen und zur Therapieresistenz oder Über-

empfindlichkeitsreaktionen führen, ist meine Forschungsmotivation. Nanotechnologien könnten zur zielgerichteten Therapie beitragen.«
Professor Ingolf Cascorbi, Experimentelle und Klinische Pharmakologie.

In den Forschungsbereichen Chemie, Physik, Materialwissenschaften und deren Umfeld entwickelten sich die heutigen Schwerpunkte nanowissenschaftlicher Forschung an der CAU: die Untersuchung von Molekülen auf Oberflächen, die Herstellung von Molekülen mit maschinenähnlichen Funktionen, die Erforschung der strukturellen und elektronischen Eigenschaften von Ober- und Grenzflächen komplexer Materialien und Nanostrukturen sowie intelligenter Werkstoffe und funktionaler Nanomaterialien. Das Präsidium der Universität beschloss deshalb, auch mit Blick auf die 2005 ins Leben gerufene Exzellenzinitiative des Bundes, die Kieler Nanowissenschaften und Oberflächenforschung zum Förderschwerpunkt zu machen. Zwar unterlag der Antrag der CAU auf Einrichtung eines Exzellenzclusters *Materials for Life* in der finalen Begutachtungsstufe der Konkurrenz. Getragen vom gemeinsamen Interesse an spannenden, fachübergreifenden Fragestellungen entwickelt sich der Schwerpunkt jedoch ungemindert weiter fort.

Exzellente Einzelforschung und verbundene Wissenschaftskulturen: Strukturen für die Schlüssel- technologie des 21. Jahrhunderts

Schon vor der offiziellen Gründung des Forschungsschwerpunktes Nanowissenschaften und Oberflächenforschung entstand ein Zusammenhalt zwischen den verschiedenen Forschungsrichtungen, die in vier Fakultäten der Universität – der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen, der Technischen, der Medizinischen sowie der Agrar- und Ernährungswissenschaftlichen Fakultät – beheimatet sind. Insbesondere durch gemeinsame Initiativen wie die noch heute laufenden Sonderforschungsbereiche, aber auch durch die Antragsphase für den Exzellenzcluster gelang es, vielfältige Kompetenzen zusammenzuführen.

Diese Entwicklung unterstützte die Universität durch gezielte Nachbesetzungen der Professuren für Anorganische Funktionsmaterialien, Integrierte Systeme und Photonik, Nanoelektronik, Funktionelle Morphologie und Bio-

mechanik, Theoretische Festkörperphysik sowie Plasmatechnologie. In der Organischen Chemie wurde eine Juniorprofessur für Funktionelle Polymere geschaffen. Zwei gemeinsame Berufungen mit außeruniversitären Partnern, dem Fraunhofer-Institut für Siliziumtechnologie (ISIT) und dem Helmholtz-Zentrum Geesthacht – Zentrum für Material- und Küstenforschung, stärkten das Profil weiter. Drei Heisenberg-Professuren in den Materialwissenschaften kamen dazu, genauso wie eine Professur für Biokompatible Nanomaterialien, um die Ingenieurwissenschaften mit den Lebenswissenschaften stärker zu verbinden.

Ein Jahr vor dem 350. Geburtstag der Universität Kiel gaben sich ihre Forscherinnen und Forscher, die sich Strukturen auf Nanometermaßstab widmen, ein gemeinsames institutionalisiertes Dach: *Kiel Nano, Surface and Interface Science* (KiNSIS). Mit einer eigenen Satzung vertritt KiNSIS die Nano-, Oberflächen- und Grenzflächenforschung an der CAU nach innen und außen und kann Fördermittel vom Land Schleswig-Holstein oder dem Bund einwerben. Über 50 Arbeitsgruppen mit mehreren hundert Doktorandinnen und Doktoranden stehen hinter der fachlich breit gefächerten Einrichtung und nutzen sie als Forum für wissenschaftlichen Austausch. Ihr Ziel ist es darüber hinaus, Forschungsergebnisse und konkrete Anwendungsbezüge von neuen Technologien nicht nur der Industrie, sondern auch der allgemeinen Öffentlichkeit zugänglich zu machen. Besonderes Engagement gilt der Ausbildung junger Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, die durch Graduiertenkollegs, Sommerschulen, Kompaktkurse und Promotionspreise gefördert werden. Die Strukturen und Förderinstrumente, die mit KiNSIS geschaffen werden, zielen darauf ab, die Nano-Spitzenforschung in Kiel dauerhaft zu sichern und international sichtbar zu gestalten.

»Visionen wie die Beleuchtung mit energieeffizienten Leuchtdioden oder Blutanalysen zu Hause mittels optischer Messtechnik treiben mich in meiner Forschung an. Dazu kombinieren wir in meiner Gruppe optische Technologien mit Nanotechnologie. Wir entwerfen neue Systeme in Computersimulationen und stellen Prototypen im Kieler Nanolabor her. In unseren Laserlaboren charakterisieren wir deren Eigenschaften und Besonderheiten.«

Professorin Martina Gerken, Integrierte Systeme und Photonik.

Von Plattenspielermolekülen und den Sensoren der Zukunft

1,2 Nanometer misst er im Durchmesser, der wohl kleinste magnetische Speicher der Welt. Das ist etwa 80 000-mal dünner als ein menschliches Haar. Er besteht aus einem Nickelion, das von einem Ring aus Farbstoff (Porphyrin) umgeben ist, und einem Stickstoffatom, das wie an einem Tonarm darüber schwebt. Bestrahlt man dieses Molekül mit blaugrünem Licht, wird das Stickstoffatom wie eine Nadel exakt senkrecht auf dem Nickelion platziert. Dadurch wird das Nickelion magnetisch, weil die Paarung zweier Elektronen aufgehoben ist. Den entgegengesetzten Effekt hat blauviolett Licht: Das Stickstoffatom wird wieder angehoben, die Elektronen finden sich zu einem Paar zusammen, und das Nickelion ist dadurch nicht mehr magnetisch. Auf diese Weise lässt sich das Plattenspielmolekül hin und her schalten.

Erdacht und entwickelt haben den molekularen Schalter Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Forschungsschwerpunktes KiNSIS. Im Sonderforschungsbereich 677 *Funktion durch Schalten* arbeiten sie an molekularen Maschinen. Ihr Vorbild ist die belebte Natur: Hier sind fast alle ingenieurtechnischen Funktionen unserer makroskopischen Welt auf molekularer Ebene verwirklicht. Molekulare Pumpen transportieren Stoffe durch Zellmembranen, vom Treibstoff ATP angetriebene Motoren bewegen molekulare Fahrzeuge auf polymeren Schienen vorwärts. Reparaturenzyme kontrollieren unablässig unsere Erbinformation, erkennen Fehler und reparieren sie selbsttätig.



Ein vergrößertes Modell des von Kieler Forschenden entwickelten molekularen Schalters auf einem alten Grammophon. Unter blaugrünem bzw. blauviolett Licht funktioniert diese winzige Maschine im Prinzip wie ein Plattenspieler.

Allen diesen Funktionen und Anwendungen, molekular oder makroskopisch, liegt ein Schaltprozess zugrunde, der durch externe Signale gesteuert wird. Schalten ist nicht nur die Grundlage digitaler Informationsverarbeitung, es dient auch als Elementarschritt beim Betrieb von Motoren, Aktuatoren, Sensoren und von Maschinen jeglicher Art. Das Plattenspielermolekül könnte als winziger magnetischer Speicher in der molekularen Elektronik verwendet werden. Vor allem die Hersteller von Festplatten dürften daran interessiert sein, denn durch Verkleinern der Magnetpartikel auf der Oberfläche der Platten lässt sich eine höhere Speicherkapazität erreichen. Die erste Anwendung wird der magnetische Schalter jedoch vermutlich in der Medizin haben. Mit Medizinerinnen und Medizinern des Uniklinikums testen die Nanoforschenden zurzeit den Einsatz des Plattenspielers als schaltbares Kontrastmittel. Vor allem bei Operationen nach einem Schlaganfall würde das Ein- und Ausschalten des Kontrastes während des Eingriffs große Vorteile bringen: eine viel schonendere minimalinvasive Behandlung und auch effizientere Diagnosen. Die Idee ist zum Patent angemeldet.

Im Sonderforschungsbereich 855 *Magnetoelektrische Verbundwerkstoffe – biomagnetische Schnittstellen der Zukunft* verfolgen die Forschungsgruppen das Ziel, extrem empfindliche Sensoren herzustellen. Sie sollen in der Lage sein, die von Herz- und Hirnströmen verursachten Magnetfelder außerhalb des Körpers zu messen. Ohne Kühlung sollen die Sensoren in der Magnetoenzephalographie und Magnetokardiographie einsetzbar sein, was mit bisherigen Sensoren nicht möglich ist. Neben Patenten werden in dem Sonderforschungsbereich sehr viele Erkenntnisse in der Grundlagenforschung geschaffen. Neuartige Verbundwerkstoffe aus den Kieler Laboren bestehen aus einer komplexen Abfolge von etwa 100 Materialschichten, von denen jede einzelne nur wenige Nanometer dick ist. Dieses neue Sensordesign mit einer antiferromagnetischen Hilfsschicht sorgt dafür, dass auf magnetische Stützfelder verzichtet werden kann. Das Stützfeld für die Messung wird also direkt im Sensor erzeugt und muss nicht mehr von außen angelegt werden – ein wichtiger Teilschritt auf dem Weg zu einer voll funktionsfähigen biomagnetischen Schnittstelle zwischen Mensch und Außenwelt.

Grundlagenforschung und konkrete Lösungen für die Gesellschaft von morgen in den Bereichen Gesundheit, Umwelt und Technologie sind zwei Seiten, die den Nano-Forschungsschwerpunkt auszeichnen. Die dritte Seite macht eine



In den sieben Jahren seit der Eröffnung des Kieler Nanolabors wurden in vielen drittmittelgeförderten Forschungsvorhaben wesentliche Grundlagen für neue Werkstoffe und Anwendungen als Sensoren oder Aktuatoren geschaffen. Zu den größten Erfolgen der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, die im Nanolabor arbeiten, zählt z. B. die Entwicklung von Dünnschicht-Stents für die Neurologie, die bereits zu einer Firmengründung geführt hat.

spezielle Analytik aus, ohne die es die Erkenntnisse erst gar nicht gäbe. Einen Namen haben sich die Kieler Expertinnen und Experten der Nanowissenschaften mit eigenen Konstruktionen und Methoden gemacht. In der höchstauflösenden Mikroskopie beispielsweise haben sich einige Arbeitsgruppen auf extreme Probenbedingungen wie Untersuchungen in verdünnten Säuren oder unter starken Magnetfeldern spezialisiert. Damit können beispielsweise magnetische, elektronische und optische Eigenschaften einzelner Atome oder Moleküle untersucht oder die Bewegungen und chemischen Interaktionen zwischen ihnen verfolgt werden. Mit Lasersystemen können die Forschenden den Ablauf elektronischer Schaltprozesse in Festkörpern verfolgen, die in wenigen Femtosekunden ablaufen. Maßgeschneiderte ultraschnelle opto-elektronische Bauteile könnten auf der Basis solcher Beobachtungen gebaut werden, um Datenübertragungsraten zu erhöhen oder optische Schalter zu beschleunigen. Ein weiteres wichtiges analytisches Werkzeug sind die Kieler Instrumente an

den ultrahellen Röntgenquellen des DESY und die Computersimulationen, die ermitteln, welchen Effekt dieses Licht auf Materie hat. Sie sind seit 2011 im Ruprecht-Haensel-Labor angesiedelt, einer gemeinsamen Einrichtung von CAU und DESY.

Um winzige Strukturen, wie z.B. extrem dünne Schichten von wenigen Nanometern Dicke, zu erzeugen, nutzen die Forschenden das Kieler Nanolabor. In dessen Reinraum stehen ihnen modernste Lithographieverfahren dafür zur Verfügung. Seit dem Ausbau des Labors zum Kompetenzzentrum Nanosystemtechnik können auch außeruniversitäre Forschungseinrichtungen, die Industrie und Firmenausgründungen aus dem Forschungsschwerpunkt dort Projekte um innovative Materialtechnologie und Medizintechnik verwirklichen.

Perspektiven

Zunehmend durchdringt die Nanotechnologie den Alltag der Menschen. Von der Kieler Forschung in diesem Bereich werden vor allem die Medizin, das Leben im Alter, Umwelt und Energie profitieren. Mit schonenden schaltbaren Kontrastmitteln, Nano-Stents mit Formgedächtnis, äußerst leistungsfähigen Batterien, Chiplaboren, umweltfreundlicher Solartechnik und vielem mehr trägt der Kieler Forschungsschwerpunkt KiNSIS maßgeblich dazu bei.

Aus der Begeisterung einzelner Forschender für fachübergreifende Fragestellungen entstehen im Schwerpunkt Keimzellen für immer neue interdisziplinäre Verbundprojekte, ob als Grundlagenarbeiten oder angewandte Projekte. Verschiedene neue Initiativen für Paketanträge, Forschergruppen oder Graduiertenschulen starten aktuell, beispielsweise zu neuartigen elektronischen Speicherelementen.

Technologie- und Wissenstransfer sowie internationale Kooperationen spielen bei diesen Projekten eine große Rolle. Viele Kontakte zu Firmen und wissenschaftlichen Arbeitsgruppen knüpft die Norddeutsche Initiative Nanotechnologie Schleswig-Holstein e.V. (NINa), die an der CAU beheimatet ist und eng mit dem Forschungsschwerpunkt KiNSIS zusammenarbeitet. Ziel von NINa und KiNSIS ist es, die Nanotechnologie im Norden länderübergreifend zu vernetzen und dadurch zu fördern. Im Rahmen der NINa tauschen

sich seit ihrer Gründung Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sowie Unternehmen regelmäßig über ihre neuesten Erkenntnisse und Erfahrungen aus und entwickeln gemeinsam neue Ideen, vor allem im Bereich Nanomaterialien, einem Teilbereich der Nanotechnologie. Dieses Netzwerk bleibt nicht auf Norddeutschland beschränkt: Konkrete Initiativen wie beispielsweise das deutsch-schwedische Röntgen-Ångström-Cluster führen in immer stärkerem Maße zur Internationalisierung dieser Forschung. Entstehen soll dadurch zukünftig eine Forschungsregion Nordeuropa, die von Hamburg über Kiel bis nach Skandinavien und in das Baltikum reicht.