



Impressum

Konzept und Text: Dr. Christel Möller

Koordination: Dr. Christel Möller, Dr. Tibor Gyalog, Jadwiga Gabrys

Fotos: Stefano Schröter [Seite 22,26,30,34,42, und 54 istockphoto,
Seite 56 Universität Basel, Prof. Heinrich Rohrer, Seite 57 FHNW, PSI]

Design: Ben Newton

Druck: Werner Druck AG, Basel



Inhalt

Vorwort	4
Einleitung	5
Auf dem Weg zu besserer Wirkung und Verträglichkeit	8
Schnell und einfach zur richtigen Diagnose	12
Mit Mikroskopen neue Welten entdecken	16
In drei Jahren halb so gross	20
Sauberes Trinkwasser - ein wertvolles Gut	24
Gewollt und möglichst vermieden	28
Gesetze der Quantenwelt nutzen	32
Mit Solarstrom unabhängig werden	36
Risiken nicht ausser Acht lassen	40
Exzellenzzentrum für Nanowissenschaften	44
Den Grundlagen folgen Anwendungen	48
Nordwestschweiz als Nanozentrum	56
Interdisziplinäre Ausbildung	52
Für Fragen offen	60
Links	61
Glossar	62

Vorwort



Die Nanotechnologie ist eine noch recht junge Disziplin, die gerade erst beginnt, ihr Potenzial zu entfalten. Erste nanotechnologische Produkte sind bereits auf dem Markt, weitere werden folgen. Überzeugt von den Möglichkeiten der Nanowissenschaften unterstützt der Kanton Aargau Forschung auf diesem Gebiet. Wir sind dabei vor allem an einer anwendungsorientierten Arbeit interessiert, da wir entscheidende Impulse für die Wirtschaft in der Region erwarten. Die Universität Basel ist für uns der ideale Partner auf diesem Gebiet. Hier ist in den letzten Jahren mit dem Swiss Nanoscience Institut (SNI) ein weltweit anerkanntes Nanozentrum entstanden, an dem renommierte Forscherinnen und Forscher aus verschiedenen Bereichen der Nanowissenschaften wirken. In idealer Weise verbindet das SNI Grundlagenforschung mit anwendungsorientierter Entwicklung und Wissenstransfer in die Wirtschaft.

Im Jahr 2006 startete der Kanton Aargau und die Universität Basel das Nano-Argovia-Programm. Der Aargau unterstützt dabei Forschungsprojekte am SNI, bei denen eine Anwendung kurz bevor steht. Diese Projekte werden in enger Zusammenarbeit mit einem Industriepartner durchgeführt. Gerade für kleine und mittlere Unternehmen ist diese Zusammenarbeit eine einmalige Chance, mit nanotechnologischen Anwendungen innovative, neue Wege zu beschreiten.

Um unser langfristiges Engagement zu zeigen, unterstützt der Aargau zudem zwei Professuren an der Universität Basel. Bereits 2009 konnten Professor Roderick Lim und Professor Martino Poggio ihre erfolgreichen Arbeiten als Argovia-Professoren beginnen und fortführen. Wir unterstützen seit kurzem auch die Tätigkeiten der beiden Titularprofessoren Thomas Jung und Frithjof Nolting vom Paul Scherrer Institut (PSI) in Villigen. Die beiden Forscher arbeiten bereits seit mehreren Jahren erfolgreich in der Nanophysik. Seit 2010 wirken sie nun auch an der Universität Basel und betreuen eigene Doktorandinnen und Doktoranden. Die Verstärkung der Zusammenarbeit zwischen der Universität Basel und dem PSI sowie der Fachhochschule Nordwestschweiz auf dem Gebiet der Nanowissenschaften ist ein wichtiges Anliegen unseres Kantons. Wir setzen auf Innovation in den Nanowissenschaften und hoffen aus der Nordwestschweiz eine Nano-Region erster Klasse zu machen.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'A. Hürzeler', written in a cursive style.

Regierungsrat Alex Hürzeler, Vorsteher Departement Bildung, Kultur und Sport des Kantons Aargau

Einleitung

Nanowissenschaften und Nanotechnologie – Begriffe, die wir heutzutage nicht mehr nur in wissenschaftlichen Zeitschriften lesen. Nano begegnet uns bereits im Alltag – in Form von iPods, kratzfesten Lacken, Schmutz abweisenden Jacken, Putzmitteln oder Tennisschlägern. Aber was bedeutet Nanowissenschaft genau? Was können uns die Nanotechnologien noch bringen und welchen Beitrag leisten Forschende am Swiss Nanoscience Institut (SNI) in Basel?

Nanowissenschaftlerinnen und Nanowissenschaftler beschäftigen sich mit Strukturen im Nanometerbereich. Die Vorsilbe „Nano“ zeigt dabei, dass es sich um Materialien handelt, die nur Millionstel Millimeter gross sind. In dieser Welt haben es die Forschenden mit einzelnen Atomen und Molekülen zu tun. Es gelten hier andere Gesetze als im sichtbaren Bereich. Wir versuchen, diesen besonderen Regeln auf den Grund zu gehen. Nanotechnologinnen und Nanotechnologen wenden diese Erkenntnisse an und entwickeln daraus neue Anwendungen und Technologien. Jedoch erleben wir keine starre Trennung der Disziplinen. Ganz im Gegenteil - auf Ebene der Atome und Moleküle verschwinden die Grenzen der klassischen Fachrichtungen Physik, Chemie, Biologie und Medizin. Es sind interdisziplinäre Teams, die Nanowissenschaften betreiben und neue Technologien voranbringen.

Die Natur dient dabei sehr oft als Vorbild. In jeder Körperzelle arbeiten verschiedene Nanomaschinen effektiv, effizient und nachhaltig. Sie erzeugen Energie, regeln den Austausch mit der Umgebung, produzieren lebenswichtige Stoffe und ermöglichen Vermehrung.

Viele Pflanzen halten ihre Blätter dank einer besonderen Nanooberfläche sauber. Nanometer grosse Strukturen ermöglichen es einigen Tieren, Wände hoch zu laufen und an der Decke zu kleben. Bisher haben wir nur einen Teil dieser nanowissenschaftlichen Vorgänge untersucht und verstanden. Am SNI an der Universität Basel wollen wir einen entscheidenden Beitrag zum Verständnis des Nanokosmos leisten. Unser Hauptaugenmerk zielt dabei auf die Grundlagenforschung. Dank enger Zusammenarbeit mit der Industrie sind wir zudem auch in der Lage, mögliche Anwendungen zu identifizieren, weiter zu verfolgen und zu entwickeln.

Wissenschaft am SNI umfasst zurzeit zahlreiche Projekte aus den unterschiedlichsten Themengebieten. In dieser

Broschüre zeigen wir an einigen Beispielen, in welchen Bereichen Nanowissenschaften und die sich daraus entwickelnden Technologien in Zukunft zunehmend eine Rolle spielen werden. Ich bin mir sicher, dass wir mit Hilfe der Nanotechnologie einige Probleme lösen können, die uns heute betreffen. Lassen Sie sich auf die innovativen Ansätze der Nanoforschung ein und entdecken Sie eine faszinierende und vielfältige Nanowelt!



Professor Christian Schönenberger, Direktor Swiss Nanoscience Institut Basel





Gibt es nicht etwas, das ich besser vertrage?

Die meisten Patientinnen und Patienten schlucken ihre Medikamente in Form von Tabletten. Bevor der Wirkstoff an seinem Wirkungsort ankommt, zerfällt die Tablette im Magen oder Darm und gibt den Wirkstoff frei. Danach nimmt das Blut die Wirksubstanz auf und verteilt sie im Blutkreislauf. Fast alle Medikamente verursachen dabei unerwünschte Nebenwirkungen, da die aktive Wirksubstanz nicht nur am gewünschten Ort Reaktionen auslöst.

Auf dem Weg zu besserer Wirkung und Verträglichkeit

Medikamente verursachen auf ihrem Weg durch den Körper oft Nebenwirkungen, die nicht nur lästig, sondern auch gefährlich sein können. Mehrere Wissenschaftlerteams am Swiss Nanoscience Institut (SNI) aus Medizin und Chemie arbeiten Hand in Hand und versuchen, mit Hilfe von Nanotechnologien, Medikamente wirksamer zu machen und ihre Nebenwirkungen zu reduzieren. Ziel ist es, den Wirkstoff in inaktiver Form an seinen Wirkungsort zu transportieren und erst dort zu aktivieren oder freizusetzen.

Mit künstlichen Organellen gegen Krankheiten

Die Gruppe um Professor Patrick Hunziker untersucht den Einsatz Nanometer grosser künstlicher Zellorganellen für die Krebstherapie, die Behandlung von Stoffwechselkrankheiten und ihr Verhalten im menschlichen Körper. Im Kampf gegen Krebs statten die Forschenden die künstlichen Organellen mit einem Mechanismus aus, der es erlaubt, eine zellgiftige Wirkung durch Licht anzuschalten. In Laborexperimenten an Zellkulturen hat

sich bereits gezeigt, dass auf diese Weise Krebszellen effizienter vernichtet werden können, während die Toxizität gegenüber gesunden Zellen verringert wurde.

Auch Stoffwechselkrankheiten könnten in Zukunft mit Hilfe künstlicher Organellen effektiv und nebenwirkungsarm behandelt werden. Dabei könnten speziell entwickelte Organellen in Zellen oder Organe eingepflanzt werden und dort den jeweiligen Fehler ausglei-

chen. Denkbar ist beispielsweise die Insulinproduktion bei Diabetes-Patienten auf diese Weise wieder anzuschalten.

„Wichtig bei derartigen Anwendungen ist es, das Verhalten der Nanostrukturen im Körper genau zu untersuchen“, erläutert Professor Patrick Hunziker ein weiteres Untersuchungsziel seines Teams. Begleitend zu den Wirksamkeitsstudien testen Wissenschaftlerinnen und



Als Leiter der Intensivstation der Universitätsklinik Basel hilft Professor Patrick Hunziker seinen Patienten tagtäglich. Seine Forschungsarbeiten sollen in Zukunft das Leben der Patienten auch ausserhalb der Intensivstation verbessern.

Wissenschaftler am SNI mit verschiedensten Methoden den Einfluss der künstlichen Organellen auf Stoffwechselforgänge, Gewebe und Organe. Diese Untersuchungen werden zunächst mit Mäusen durchgeführt, lassen aber wichtige Rückschlüsse auf die Reaktionen im menschlichen Körper zu.

Wie durch Geisterhand dirigiert

Bei der Herstellung der künstlichen Organellen nutzen Forschende am SNI eines der faszinierendsten Phänomene der Nanowelt: die Selbstorganisation von Molekülen. Nach dem Vorbild der Natur ordnen sich Moleküle ohne Einwirkung von aussen je nach ihren physikalischen und chemischen Eigenschaften zu einem spezifischen Muster an.

Die Gruppe von Professor Wolfgang Meier nutzt diesen Vorgang zur Herstellung Membran ähnlicher Strukturen. Sie untersucht die Selbstorganisation bestimmter chemischer Verbindungen (Blockcopolymer). Diese Substanzen bestehen aus mindestens einer wasserliebenden und einer wasserabstossenden Polymerkette, die fest miteinander verknüpft sind. Aufgrund der unterschiedlichen Löslichkeit der beiden Ketten bilden die Moleküle Strukturen, bei denen die wasserliebenden Teile die wasserabstossenden soweit wie möglich vom Wasser abschirmen. Sie ähneln damit einfachen biologischen Membranen, sind jedoch mechanisch stabiler und chemisch inerte als das natürliche Vorbild. Aus diesen künstlichen Membranen lassen sich Nano- bis Mikrometer grosse Kapseln herstellen, die mit verschiedenen

Rezeptoren und natürlichen Kanalproteinen ausgestattet werden können. Die Kapseln ähneln natürlichen Zellorganellen und sind vielseitig einsetzbar. Sie können beispielsweise einen pharmazeutischen Wirkstoff gezielt zum Wirkungsort transportieren und dort kontrolliert freisetzen. Auf diese Weise könnten die eingesetzten Substanzmengen sowie die Nebenwirkungen deutlich reduziert werden.



Dr. Ramona Enea, Postdoktorandin in der Gruppe von Professor Wolfgang Meier, reinigt Kapseln, die zum Transport von Medikamenten eingesetzt werden könnten.



Kann ich die Diagnose nicht noch schneller bekommen?

Hat mein Kind Borreliose? Bin ich immun gegen Schweinegrippe? Ist es Krebs? Fast jeder von uns hat schon einmal auf eine Diagnose gewartet. Die Tage bis zum Befund sind oft lang und von Unsicherheit geprägt. In den letzten Jahren wurden dank der Molekularmedizin in der Labordiagnostik grosse Fortschritte erzielt. Da aber besonders bei akuten Problemen der Faktor Zeit noch immer eine Rolle spielt, wäre in vielen Fällen eine schnellere und trotzdem zuverlässige Diagnose wünschenswert.

Schnell und einfach zur richtigen Diagnose

Eine schnelle Diagnose mit einfachen, zuverlässigen Methoden wünschen sich Ärzte und Patienten. Zudem sollte die ideale Analyse mit wenig Probenmaterial auskommen und kostengünstig sein. Die Nanowissenschaften können bei der Suche nach einer solchen Technologie einen wesentlichen Beitrag leisten.

Mit Federbalken zum Ziel

Am Swiss Nanoscience Institut (SNI) in Basel arbeiten Fachleute aus Biologie und Medizin Hand in Hand, um mit Hilfe kleinster Federbalken (Cantilever) geringste Mengen verschiedener Substanzen nachzuweisen. Die Idee der winzigen Federbalken stammt ursprünglich aus der Rasterkraftmikroskopie. Bei den Rasterkraftmikroskopen ermöglichen winzige Federbalken einzelne Atome und Moleküle darzustellen. Ähnlich wie die Nadel eines Plattenspielers tastet die Federbalkenspitze die Oberfläche einer Probe ab. Die Ablenkung des Balkens

wird gemessen und ein detailgenaues Bild der Oberfläche entsteht. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in Basel schalten nun mehrere dieser Cantilever in Reihe und bestücken sie mit spezifischen Molekülen, Gen- oder Protein-Fragmenten. Bindet eine Substanz an diese Andockstellen, verbiegt sich der Cantilever. Der Nachweis der Substanz in der Probe ist erbracht!

Dass derartige Cantilever-Systeme hervorragend funktionieren, zeigten Forschende um Professor Christoph Gerber an einer künstlichen Nase, die verschiedene

gasförmige Substanzen nachweisen kann. So liessen sich in der Atemluft von Patienten direkt am Krankbett verschiedene Stoffe ermitteln, die Aussagen über die Krankheit des Patienten erlauben (beispielsweise Diabetes oder Lungenkrankheiten). Neben gasförmigen Substanzen lassen sich jedoch auch DNA-Abschnitte und Proteine ohne komplizierte Probenaufbereitung und Markierung nachweisen.



Die Wissenschaftlerin Dr. Natalija Backmann aus dem Team von Professor Christoph Gerber funktionalisiert Federbalken, um Membranproteine nachzuweisen.

Eiweisse im Fokus

„Zurzeit liegt uns vor allem die Analyse und der Nachweis von Membranproteinen und Biomarkern am Herzen“, beschreibt Professor Christoph Gerber seine Forschungsaktivitäten. Diese Eiweisse, die in biologische Membranen eingebettet sind, spielen eine entscheidende Rolle bei der Entstehung und Therapie vieler Krankheiten. Um die Bindung verschiedener Substanzen an diese Membranproteine zu untersuchen, werden intakte Membranproteine auf schwingenden Federbalken aufgebracht. Kommt es zu einer Bindung, verändert sich die Frequenz des Federbalkens. Aufgrund der hohen Sensitivität sind schon kleine Probenmengen ausreichend, um diesen spezifischen Nachweis, der ohne Markierung auskommt,

durchzuführen. Die Wirkung neuer therapeutischer Substanzen könnte so ermittelt werden. Aber auch eine schnelle und sichere Diagnose bestimmter Krebsarten scheint möglich.

Tumore sind weicher

Einen ganz anderen Weg, um Tumore nachzuweisen, geht das Team der Privatdozentin Dr. Cora-Ann Schönenberger. Die Wissenschaftlerin untersucht mit Hilfe des Rasterkraftmikroskops mechanische Eigenschaften von Krebszellen im Nanobereich und vergleicht diese mit gesundem Gewebe. Erste Ergebnisse mit Geweben von Brustkrebspatientinnen zeigen, dass bösartiges Tumorgewebe deutlich weicher ist als umgebende gesunde Zellen. Weiterführende Versuche werden

belegen, ob die nanomechanischen Eigenschaften von Gewebeproben zur Diagnose von Krebs herangezogen werden können. Wenn ja, könnte den Ärzten in Zukunft eine schnelle, kostengünstige Methode direkt am Operationstisch zur Verfügung stehen.



Die Privatdozentin Dr. Cora-Ann Schönenberger überprüft Gewebeproben, deren nanomechanische Eigenschaften später untersucht werden.



Wie kann ich die Nanowelt sehen?

Mikroskope erlauben uns den Einblick in andere Welten. Ein Meerwassertropfen beispielsweise kann voller Leben sein, aber erst ein Mikroskop erschliesst dem Betrachter diese Schönheit. Zahlreiche Pflanzen und Tiere, Pilze und Bakterien sind so winzig, dass wir sie nur unter einem Lichtmikroskop erblicken. Mit den Vergrößerungen, die optische Mikroskope zulassen, treten wir in den Mikrokosmos ein. Nanowissenschaftlerinnen und Nanowissenschaftler wollen aber noch viel kleinere Objekte untersuchen. Sie sind an den Bausteinen des Lebens, an Atomen und Molekülen, interessiert. Um in diese Nanowelt einzutauchen, sind empfindlichere Methoden als die Lichtmikroskopie erforderlich. Wie aber gelingt der Einstieg in den Nanokosmos, in dem einzelne Atome und Moleküle die Akteure sind?

Mit Mikroskopen neue Welten entdecken

Schon seit mehreren hundert Jahren versucht der Mensch Dinge sichtbar zu machen, die er mit blossem Auge nicht sehen kann. Bereits im 17. Jahrhundert entdeckte der Holländer Antoni van Leeuwenhoek (1632 - 1723) mit Hilfe eines Mikroskops erstmals Bakterien. Diese Lichtmikroskope wurden optimiert, weiter entwickelt und erlaubten dadurch immer höhere Auflösungen. Durch die Erfindung des Elektronenmikroskops 1931 durch Dr. Ernst Ruska und Professor Max Knoll konnten Wissenschaftler noch kleinere Strukturen abbilden und untersuchen. Die Nanowelt öffnete sich dem Betrachter jedoch erst richtig ab 1981 als die Professoren Heinrich Rohrer und Gerd Binnig am IBM-Forschungslabor in Rüschlikon das Rastertunnelmikroskop entwickelten. Anders als bei den Lichtmikroskopen tastet bei dieser Technik eine feine Messsonde die Oberfläche der Probe genau ab – ähnlich wie ein Finger beim Lesen von Blindenschrift. Mit dieser Technik konnten Forschende leitende Materialien genauestens untersuchen und erstmals einzelne Atome und Moleküle darstellen. Die Erfindung des Rastertunnelmikroskops führte zur Entwicklung einer Vielzahl neuartiger Mikroskope. Sie alle basieren im Wesentlichen auf einer feinen Spitze, die die Struktur einer Oberfläche abtastet und deren genaue Darstellung ermöglicht.

Natur als Vorbild

Besonders breite Anwendung findet heute das Rasterkraftmikroskop, das 1986 von den Professoren Gerd

Binnig, Carl Quate und Christoph Gerber vorgestellt wurde. Die Rasterkraftmikroskopie benötigt keine aufwendige Probenvorbereitung und erlaubt die Untersu-

chung von nicht leitenden Strukturen wie Biomolekülen in ihrer natürlichen Umgebung. Natürliche Nanomaschinen aus tierischen und pflanzlichen Zellen lassen sich so sichtbar machen und untersuchen. Sie dienen den Forschenden als Vorbild, denn ihr perfektes Zusammenspiel steuert Lebensprozesse in unseren Zellen.

Abbilden, Messen und Verändern

Diese neuen Mikroskope, die zusammenfassend als Rastersondenmikroskope bezeichnet werden, können aber noch mehr. Sie erlauben es nicht nur, die Nanowelt abzubilden. Mit ihrer Hilfe messen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler auch verschiedene physikalische und chemische Eigenschaften. Als Werkzeuge eingesetzt sind sie in der Lage, Proben gezielt zu verändern. So kann beispielsweise die feine Spitze eines Rasterkraftmikroskops wie ein kleiner Presslufthammer vibrieren und Informationen in eine Oberfläche gravieren.



Professor Rodrick Lim untersucht den Transport von Substanzen in den Zellkern.

Vielfältige Anwendungen

Bei der Weiterentwicklung und Optimierung von Rastersondenmikroskopen (RSM) leisten Physikerinnen und Physiker der Universität Basel ganz entscheidende Beiträge. „Dieses Know-How kommt den verschiedenen interdisziplinären Teams am Swiss Nanoscience Institut (SNI) zu Gute, so dass Rastersondenmikroskope heute für die verschiedensten Anwendungen in Physik, Biologie, Chemie und Medizin genutzt werden können“, kommentiert Professor Hans-Joachim Güntherodt, Ehrenpräsident des SNI, die Fortschritte beim visuellen Einstieg in die Nanowelt.

Das SNI-Team von Professor Rodrick Lim beispielsweise konnte mit Hilfe der Rasterkraftmikroskopie aufklären, wie der selektive Transport von Substanzen in

und aus dem Zellkern funktioniert. Diese Erkenntnisse sind wichtig für das Verständnis der Lebensfunktionen. Sie leisten aber auch einen wesentlichen Beitrag zur Entwicklung neuartiger Trenntechniken und können in der Nanomedizin oder Nanobiotechnologie eingesetzt werden.

Physikalische Grundlagen erarbeitet die Gruppe von Professor Ernst Meyer, die mit Hilfe der Rasterkraftmikroskopie die atomaren Grundlagen von Reibung entschlüsselt.

Magnetische Systeme wie Festplatten werden von Professor Hans Hug mit Hilfe des Magnetkraftmikroskops (MKM) genau untersucht. Wie bei einem Rasterkraftmikroskop tastet beim MKM eine feine Spitze

die Oberfläche der Probe ab. Jedoch ist beim MKM die Spitze mit einem ferromagnetischen Material wie Kobalt beschichtet und somit sensitiv für Magnetfelder. Die Untersuchungen von Professor Hug zielen darauf, in Zukunft noch grössere Datenmengen auf Festplatten speichern zu können, indem mehr Information auf kleinerem Raum untergebracht wird.

Die Entwicklung der Rastertunnel- und Rasterkraftmikroskope hat den Einstieg in die Nanowelt ermöglicht. Heute gibt es zahlreiche Anwendungen, die in verschiedenen Bereichen eingesetzt werden.



Professor Hans Hug arbeitet mit einem Magnetkraftmikroskop an der nächsten Generation von Festplatten.



Geht es nicht noch kleiner und individueller?

Vor 30 Jahren hat eine ordentliche Musiksammlung ganze Regalwände benötigt und der Umzug eines Musikliebhabers war für die Helfenden eine grosse Schinderei. Wie viel einfacher und bequemer ist das doch heute. Die gesamte Musikauswahl ist immer griffbereit auf dem iPod gespeichert und in der Hosentasche gut untergebracht. In ein paar Jahren passt die Sammlung vielleicht in den Jackenknopf und die Musik wird je nach Stimmung des Jackenträgers zusammengestellt. Dazu müssten die Geräte allerdings schlauer und elektronische Bauteile noch kleiner werden. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler weltweit versuchen seit einigen Jahren elektronische Elemente nicht einfach nur weiter zu verkleinern, sondern den umgekehrten Weg zu gehen und sie aus einzelnen Molekülen ganz neu aufzubauen. Es scheint möglich, mit Hilfe einzelner Moleküle Schalter herzustellen, die mit Licht ein- und auszuschalten sind. Aber wie funktioniert das? Und wie lassen sich überhaupt einzelne Moleküle untersuchen?

In drei Jahren halb so gross

In den letzten Jahrzehnten sind elektronische Bauteile immer kleiner geworden. Noch immer versuchen Ingenieurinnen und Ingenieure diesen Trend weiter voranzutreiben. Bisher halbierte sich die lineare Grösse von elektronischen Bauteilen alle drei Jahre. Wie lange in diesem Tempo weiter miniaturisiert werden kann, ist unter Fachleuten jedoch umstritten. Auf jeden Fall sind weitere Verkleinerungen mit hohen Kosten verbunden.

Einen neuartigen Ansatz verfolgen interdisziplinäre Wissenschaftlerteams am Swiss Nanoscience Institut (SNI). Sie versuchen nicht, bestehende elektronische Bauteile zu verkleinern, sondern neue winzige Elemente aus einzelnen Molekülen aufzubauen. Physiker und Chemiker arbeiten dazu Hand in Hand, um Ideen für unterschiedliche Funktionen zu entwickeln, dazu geeignete chemische Verbindungen zu synthetisieren, zu testen und zu verbessern.

Was sich zunächst ganz einfach anhört, ist jedoch alles andere als trivial. Die Forschenden bewegen sich in der Nanowelt und dort existieren eigene Gesetze. Es ist schwierig, die elektrischen Eigenschaften eines einzelnen Moleküls zu messen und die Ergebnisse zu reproduzieren. Verschiedene Techniken wurden hierzu in den letzten Jahren untersucht.



Dr. Michel Calame unterstützt seinen Doktoranden Jan Brunner beim Optimieren der Bruchkontakttechnik.

Mit Nanobrücken zum Ergebnis

Das Team um Dr. Michel Calame vom SNI leistete einen wesentlichen Beitrag, um eine Methode voranzutreiben, mit der die elektrischen Eigenschaften einzelner Moleküle zuverlässig untersucht werden können. Bei dieser Bruchkontakttechnik stellen die Wissenschaftler einen Golddraht her, der in der Mitte sehr viel dünner ist. Dieser Golddraht dient als elektrischer Leiter. Er liegt auf einer dünnen, flexiblen, mit einem Polymer bedeckten Stahlschicht, die partiell weggeätzt wird. Die gesamte Struktur wird kontrolliert verbogen bis die Goldbrücke bricht. Es entsteht eine winzige Lücke, die je nach Biegung unterschiedlich gross ist. Die Forscher bringen dann diese „Molekülfalle“ mit einer Lösung der zu untersuchenden Moleküle in Kontakt. Die Lücke wird erweitert und verkleinert, um so die optimale Grösse zu finden.

Binden nun einzelne oder im Idealfall ein einzelnes Molekül, lassen sich dessen elektrische Eigenschaften untersuchen.

Mit einem geeigneten leitenden Molekül stellen die Wissenschaftler nun einen Nanoschalter her. Er ist angeschaltet, wenn das Molekül in der Lücke bindet und Strom fließen kann. Ist die Bindung in der Lücke nicht vollständig, ist auch der Stromfluss unterbrochen.

Die Bruchkontakttechnik ist nun so weit optimiert, dass die systematische Untersuchung verschiedener Molekülgruppen im Vordergrund steht und die Korrelationen zwischen Struktur der Moleküle und ihren elektrischen Eigenschaften ermittelt werden können. Dazu entwickelt das Chemikerteam unter Leitung von Professor Marcel Mayor Ideen für neue zu untersuchende Moleküle und stellt diese her. Die Forschenden variieren die Grundformen und untersuchen die veränderten Eigenschaften. Sie versehen die Moleküle mit bestimmten funktionellen Gruppen, die ihre Reaktivität optimieren. Interessant ist dabei auch, welcher Impuls den Schalter bedient. Manche Verbindungen lassen sich durch Licht so modifizieren, dass sie veränderte Bindungseigenschaften aufweisen. Bei anderen führt eine reversible chemische Reaktion wie Oxidation oder Reduktion zum gewünschten Umschalten.

Netzwerke mit steuerbaren Eigenschaften

Wichtig für verschiedene Anwendungen ist ebenfalls, dass sich funktionale Einheiten wie Atome und Moleküle räumlich geordnet auf Oberflächen arrangieren

lassen. Die Forschenden bekommen hier Hilfe von den Molekülen selbst. Denn diese ordnen sich unter bestimmten Bedingungen eigenständig zu regelmässigen Mustern an. Die Gruppe von Professor Thomas Jung am SNI untersucht bereits seit mehreren Jahren erfolgreich derartige Nanostrukturen. Die Forschenden sind inzwischen in der Lage, stabile zweidimensionale Netzwerke auf Metalloberflächen aufzubringen, die steuerbare elektronische Eigenschaften aufweisen. Je nach Grösse und Abstand der „Nano-Löcher“ im Netz ändern sich der Widerstand und die Leitfähigkeit der Oberfläche. Für Anwendungen in der Sensorik und auch in der Computertechnologie sind diese Eigenschaften von besonderer Bedeutung.

„Am SNI werden noch andere Ansätze erforscht, um

elektronische Bauteile in Zukunft kleiner, schneller und kostengünstiger herstellen zu können. In ein paar Jahren werden wir sehen, welche Projekte sich durchgesetzt haben“, fasst Professor Christian Schönberger, SNI-Direktor, die Aktivitäten zusammen.



Professor Thomas Jung und seine Mitarbeiter Dr. Cristian Iacovita und Kees Landheer analysieren die chemischen Eigenschaften von Oberflächen.



Können wir unsere Ressourcen nicht besser nutzen?

Über 70% der Erdoberfläche sind mit Wasser bedeckt. Jedoch ist in weiten Teilen der Welt die Trinkwasserversorgung der Menschen nicht gesichert. In vielen Fällen ist Wasser verfügbar, aber in unzureichender Qualität. Effektivere und bessere Filter könnten die Trinkwasserversorgung weltweit optimieren und helfen, vorhandene Wasserressourcen besser zu nutzen.

Sauberes Trinkwasser - ein wertvolles Gut

In der Schweiz und den benachbarten Ländern klagen wir manchmal über zu viel Regen und sind uns dann nicht bewusst, wie wertvoll dieser doch ist. Er gewährleistet unsere Trinkwasserversorgung und garantiert eine erfolgreiche Landwirtschaft. In vielen Teilen der Welt ist die Lage jedoch ganz anders. Die Frischwasserversorgung für grosse Teile der Weltbevölkerung ist nicht gesichert. Wir müssen nur nach Südeuropa schauen, um die Auswirkung mangelnder Niederschläge zu erfassen. Länder wie Spanien oder Griechenland haben durch ihre langen Küstenstreifen zwar Zugang zum Wasser, leiden aber in Trockenperioden immer wieder unter Trinkwasserknappheit. Meerwasser-Entsalzungsanlagen, die in Küstenregionen die Trinkwasserversorgung sicher stellen könnten, sind aufgrund hoher Kosten und des grossen Energiebedarfs nicht flächendeckend verbreitet.

Mit Wasserkanälen zum Ziel

Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler im Team von Professor Wolfgang Meier vom Swiss Nanoscience Institut (SNI) gehen dieses Problem an. Sie sind dabei, neuartige hocheffiziente Filter zu entwickeln, die die Entsalzung von Meerwasser verbessern und kostengüns-

tiger machen würden. Die Forschenden setzen dazu natürliche Proteine ein. Diese Aquaporine genannten Eiweisse bilden in den Zellmembranen natürlicher Zellen Kanäle, die den Durchtritt von Wasser ermöglichen. In der menschlichen Niere beispielsweise sorgen sie für die Reinigung von bis zu 200 Litern Flüssigkeit pro Tag.

Es ist bereits seit längerem bekannt, dass Aquaporine effektiv Wasser filtern können. Da jedoch natürliche Membranen sehr instabil sind, war eine Anwendung als Wasserfilter bisher nicht denkbar. Die Gruppe um Professor Meier hat nun zunächst eine künstliche Membran synthetisiert und anschliessend in diese Aquaporine



Professor Wolfgang Meier ist überzeugt, dass künstliche Membranen ein grosses Potenzial aufweisen.

eingebracht. Die Wasserkanäle nehmen dabei ihre natürliche Form an und sind wie in einer natürlichen Zellmembran voll funktionsfähig. Sie filtern Wasser, darin gelöste Salze können jedoch nicht hindurch treten.

Natur als Vorbild

Die künstlichen Membranen bestehen aus zusammengesetzten Substanzen (Blockpolymeren), die aus mindestens zwei chemisch miteinander verbundenen Komponenten aufgebaut sind. Ein Teil ist wasserliebend, der andere wasserabstossend. Aufgrund dieser Eigenschaften ordnen sich die Substanzen in wässrigem Milieu so an, dass die wasserliebenden Teile die wasserabstossenden vom Wasser abschirmen. Diese Anordnung ähnelt einer natürlichen Zellmembran. Jedoch sind die künstlichen Membranen weitaus robuster und stabiler als

ihre natürlichen Vorbilder. Proteine wie die Aquaporine lassen sich in diese künstlichen Membranen einbauen, ohne dass ihre Funktion eingeschränkt wird.

Bakterium als Proteinquelle

In der Natur kommen Aquaporine in allen Lebewesen vor, vom Bakterium bis zum Menschen. Sie unterscheiden sich in ihrer Stabilität und Selektivität für Wasser. Für ihre Experimente gewannen die Wissenschaftler die Wasserkanäle aus dem Bakterium *Escherichia coli*, einem Darmbakterium, das sich problemlos im Labor züchten lässt. Das Protein dieser Bakterien zeigt sich bei verschiedenen chemischen Bedingungen widerstandsfähig und bleibt über einen Zeitraum von Monaten stabil. Vor allem aber zeichnet es sich durch eine hohe Wasserdurchlässigkeit aus, hält jedoch gelöste Teilchen wie Salze effektiv ab.

Vielfach besser

Die Forschenden stellten zunächst Nanometer grosse Bläschen als Wasserfilter her. Diese erzielten im Vergleich zu kommerziell erhältlichen Entsalzungsmembranen einen dreissig Mal höheren Wasserdurchsatz. Da die Ergebnisse derart vielversprechend sind, arbeiten die Wissenschaftler vom SNI nun daran, grosse flache Membranen herzustellen und die Filterkapazität weiter zu verbessern. Professor Wolfgang Meier ist optimistisch, dass die künstlichen Aquaporinmembranen die Trinkwasseraufbearbeitung revolutionieren werden: „Die Trinkwasserproblematik lässt sich mit den Membranen in einigen Ländern merklich entspannen, da die Technologie wenig Energie verbraucht, kostengünstig und effizient ist.“



Fabian Itel, Doktorand in der Gruppe von Professor Wolfgang Meier, gewinnt Vesikel, in die Aquaporine integriert wurden.



Lässt sich der Energieverbrauch beim Transport nicht reduzieren?

Wir leben in einer globalen und mobilen Welt, in der Transport von Gütern und Menschen eine grosse Rolle spielt. Ein Phänomen, das uns dabei immer begleitet, dessen wir uns aber wenig bewusst sind, ist die Reibung. Wir nutzen ihre positiven Effekte und versuchen sie im Winter mit Schneeketten, Sand oder Split zu vergrössern. Meistens wollen wir Reibung jedoch reduzieren. Sie ist verantwortlich für den höheren Energie- und Treibstoffverbrauch bei Fahrzeugen. Erhöhte Reibung führt oftmals auch zum Verschleiss und damit zur reduzierten Funktionsdauer von Maschinen. Um Reibung besser als heute kontrollieren zu können, ist es wichtig, ihre Grundlagen auf atomarer Ebene zu verstehen.

Gewollt und möglichst vermieden

Wenn sich zwei Körper gegeneinander bewegen, wirkt dieser Bewegung eine Kraft entgegen – die Reibung. Sie ist dafür verantwortlich, dass wir beim Autofahren nicht aus der Kurve fliegen, sorgt aber auch dafür, dass wir unsere Autoreifen regelmässig wechseln müssen. In manchen Fällen ist Reibung also erwünscht, in den meisten Fällen möchten wir sie aber gerne reduzieren, da durch Reibung Teile verschleissen und der Energieverbrauch ansteigt. Könnten wir Reibung vermindern, liesse sich der Kraftstoffverbrauch von Fahrzeugen drastisch reduzieren.

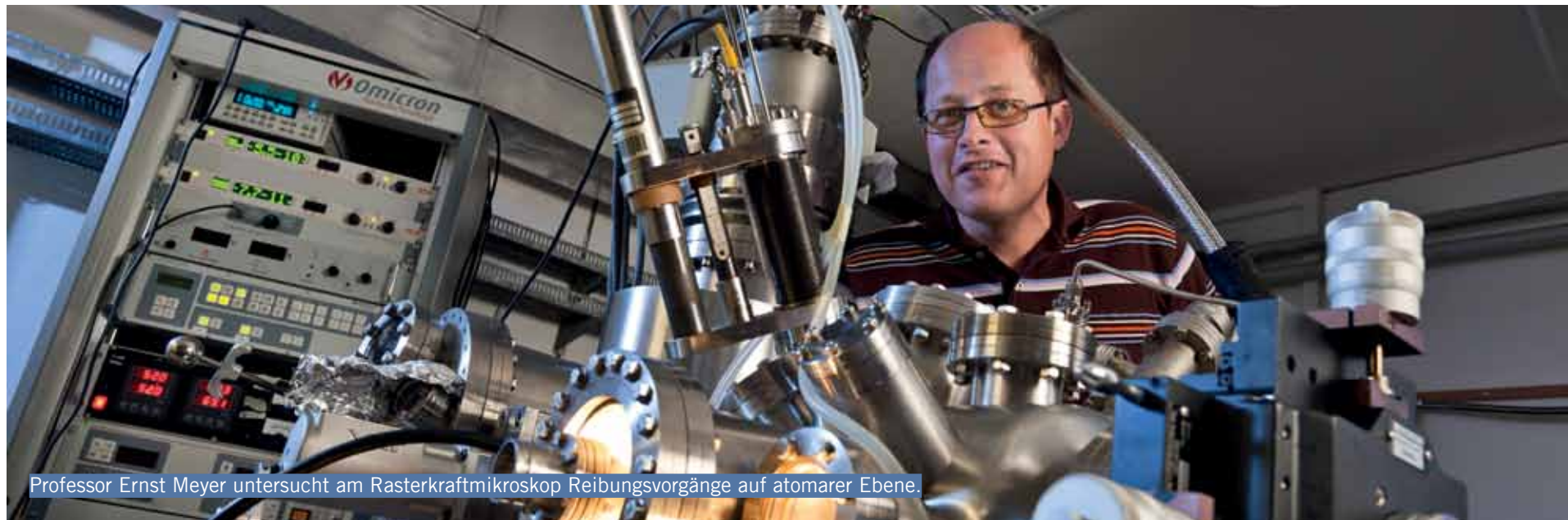
Die grundlegenden Prozesse, die bei der Reibung eine Rolle spielen, sind Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern bis heute jedoch nicht vollkommen klar. Um genauer zu verstehen, wie Reibung funktioniert, welche Kräfte eine Rolle spielen und wie wir Reibung am besten kontrollieren können, müssen wir daher die Vorgänge nicht nur in der Makrowelt, sondern auch auf der Mikro- und Nanoskala genau untersuchen.

Mit Schwingungen Reibung reduzieren

Forschende des Swiss Nanoscience Instituts (SNI) im Team von Professor Ernst Meyer untersuchen Reibungsvorgänge auf atomarer Ebene mit Hilfe eines Rasterkraft-

mikroskops. Ähnlich wie bei einem Plattenspieler tastet bei diesem Mikroskop eine spitze Nadel die Probe ab. Die Nadel bewegt sich über die Oberfläche und misst Reibungskräfte zwischen der Spitze und den Atomen.

Dabei bewegt sich die Nadel nicht gleichmässig, sondern springt von Atom zu Atom. Liessen sich diese Sprünge verhindern, könnte die Nadel reibungslos von Atom zu Atom gleiten. Um dies zu erreichen, legen die



Professor Ernst Meyer untersucht am Rasterkraftmikroskop Reibungsvorgänge auf atomarer Ebene.

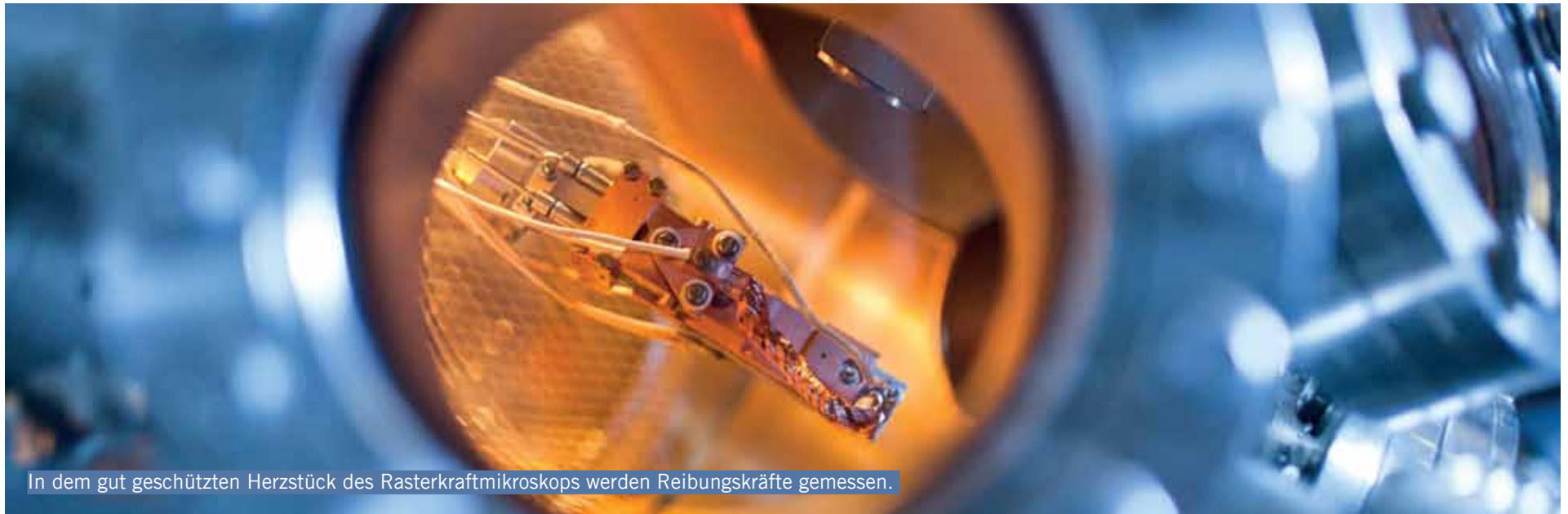
Forscher legen eine periodisch schwingende Spannung an die Nadel an. Durch diese Anregung bewegt sich die Nadel mit hoher Frequenz auf und ab, ohne den Kontakt zur Probe zu verlieren. Unter bestimmten Bedingungen, wenn die Anregungsfrequenz der Eigenfrequenz des mechanischen Systems entspricht, lässt sich zwischen Nadel und Oberfläche keine Reibung mehr nachweisen.

Nanomaschinen der Zukunft

Auf Nanometerebene lässt sich durch die dynamische Anregung Reibung also drastisch reduzieren. Wichtig ist dies unter anderem für die Entwicklung von winzigen Nanomaschinen. Wie bei Maschinen in der Makrowelt müssen Wissenschaftler auch hier Wege finden, um Reibung zu reduzieren, da diese zu Verschleiß und

Wärmeproduktion führt. Herkömmliche Maschinen werden geölt und geschmiert, um Reibung zu reduzieren. Bei Nanomaschinen (nanoelektromagnetische Systeme = NEMS) lassen sich jedoch keine Schmiermittel einsetzen. Es ist aber denkbar, dass die sich berührenden Teile einer Nanomaschine in Schwingung versetzt werden und bei der richtigen Frequenz die Reibung stark reduziert werden kann.

Professor Ernst Meyer erläutert dazu: „Wenn wir die Ursachen der Reibung auf der Nanoskala vollständig aufgeklärt haben, lassen sich die Erkenntnisse hoffentlich auf die makroskopische Welt übertragen. Energieverbrauch und Verschleiß könnten so reduziert werden.“



In dem gut geschützten Herzstück des Rasterkraftmikroskops werden Reibungskräfte gemessen.



Wie können wir die Klimaveränderungen besser berechnen?

Trockenheit hier, Hochwasser dort – unser Klima verändert sich. Aber was kommt auf uns zu? Was erwartet uns in ein paar Jahrzehnten? Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler arbeiten weltweit an Modellen, mit denen sie Prognosen für das Klima erstellen können. Es sind jedoch zahlreiche Faktoren, die das Klima beeinflussen. Die Berechnungen sind komplex und verlangen massive Rechnerkapazitäten. Ein Supercomputer mit bisher unbekanntem Leistungen wäre für die Klimaforscher eine grosse Hilfe. Vielleicht ist es ein Quantencomputer, der die Klimamodelle der Zukunft berechnet und uns damit hilft, dass wir uns auf die kommenden Veränderungen besser vorbereiten können.

Gesetze der Quantenwelt nutzen

Nicht nur die Berechnung von Klimamodellen verlangt enorme Rechnerkapazitäten. Es gibt zahlreiche andere Anwendungen, bei denen heutige Computer an ihre Grenzen stossen. Eine wirklich sichere und schnellere Kodierung von Informationen, die vor jedem Hackerangriff geschützt ist, würde sowohl Bankkunden wie auch Geheimdienste ruhiger schlafen lassen. Doch noch gibt es solch einen Supercomputer nicht. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Swiss Nanoscience Instituts (SNI) sind aber ganz vorne mit dabei, wenn es um die Erforschung und Entwicklung dieses Computers der Zukunft geht. Verschiedene Forschergruppen am SNI möchten sich die eigenen Gesetze der Quantenwelt zu Nutze machen und darauf basierend einen Quantencomputer entwickeln, der die Leistung der heutigen Rechner in den Schatten stellt.

Sowohl Eins als auch Null

Während beim heutigen Computer die Information in Nullen und Einsen (Bits) zerlegt ist, arbeitet der Quantencomputer mit einem Zwitterzustand (Qubit), der gleichzeitig sowohl Null als auch Eins darstellt. Elektronen könnten ideale Träger dieses Quantenbits sein. Sie besitzen einen Eigendrehimpuls (Spin), der sich äh-

lich wie eine Kompassnadel verhält. Die Richtung des Elektronenspins ist zunächst auch nicht festgelegt. Es ist schwierig vorstellbar, dass ein Teilchen gleichzeitig aufwärts und abwärts gerichtet sein soll, doch Untersuchungen haben diese quantenmechanische Überlagerung bestätigt. Wechselwirkungen mit der Umgebung zerstören allerdings diese Überlagerung und führen zu

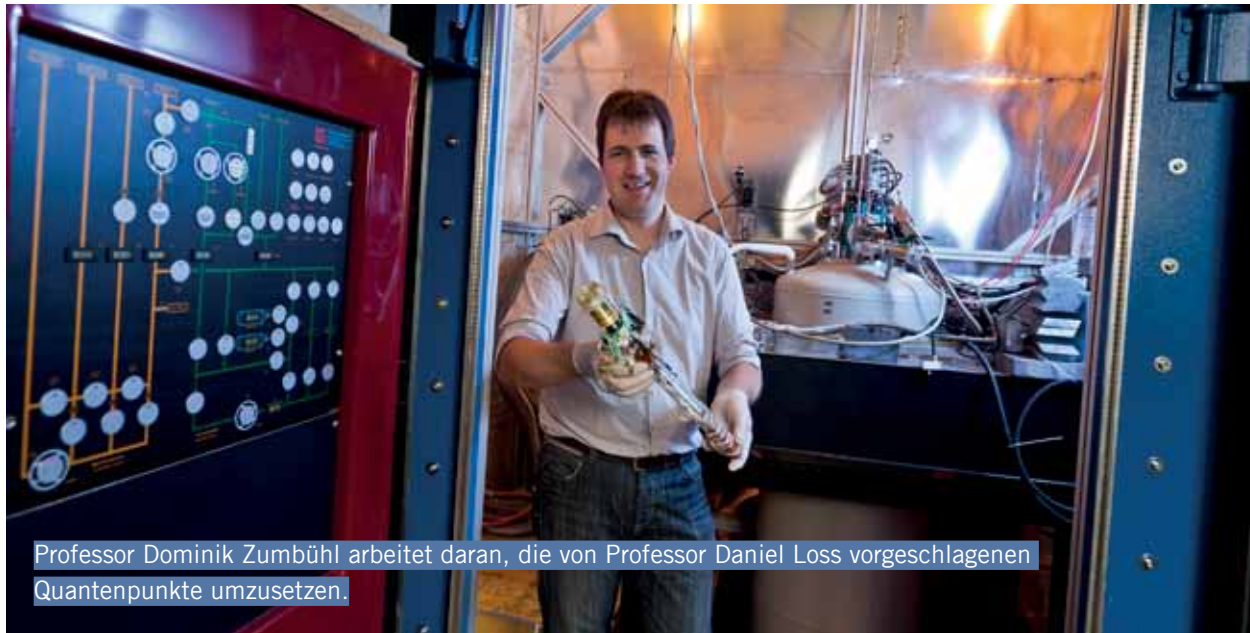
einem festgelegten Spin des Elektrons. Forschende versuchen nun, diesen als Dekohärenz bezeichneten Vorgang möglichst lange heraus zu zögern, denn zur Entwicklung des Quantencomputers sind sie auf die Überlagerung der Zustände angewiesen.

Für eine Sekunde stabil

Um die Rechnung oder ein Zwischenresultat zu speichern, ist es auf der anderen Seite wichtig, einen isolierten Spin stabil zu halten. Dazu hat Professor Dominik Zumbühl vom SNI mit seinem Team kürzlich einen Meilenstein erzielt. Die Forschenden konnten den Elektronenspin eines einzelnen Elektrons für eine Sekunde stabil halten. Das hört sich für den Laien nicht besonders beeindruckend an. Vor einigen Jahren wurden jedoch nur Werte von einigen Millisekunden erreicht.

Erst Theorie, dann Praxis

Diese erfolgreichen Experimente von Professor Dominik Zumbühl basieren auf theoretischen Berechnungen der Gruppe um Professor Daniel Loss vom SNI. Professor Loss hat es mit seinen theoretischen Ansätzen in den letzten Jahrzehnten erst ermöglicht, dass ein Quantencomputer basierend auf dem Elektronenspin entwickelt werden könnte. So schlug Daniel Loss zusammen



Professor Dominik Zumbühl arbeitet daran, die von Professor Daniel Loss vorgeschlagenen Quantenpunkte umzusetzen.

mit Professor DiVincenzo von IBM bereits 1998 vor, den Quantencomputer mit Hilfe künstlicher Atome (Quantum dots) zu realisieren. Dabei werden künstliche Wasserstoffatome ohne Kern auf einem Halbleiter fixiert. Durch ein elektrisch geladenes Gitter werden die Elektronen fest gehalten. In diesen Quantenpunkten sind die Elektronen vor Wechselwirkungen mit der Umgebung teilweise geschützt und Quantenphänomene lassen sich gut untersuchen.

Statt eines Elektrons lässt sich auch ein Loch verwenden. Ein Loch ist ein fehlendes Elektron, das sich mit einer Blase im Wasser vergleichen lässt. Dem Team um Professor Richard Warburton vom SNI ist es kürzlich gelungen, die Richtung eines Loch-Spins für mindestens eine Mikrosekunde vorherzusagen.

Unsichtbare Verbindung

In der Quantenwelt existieren neben den überlagerten Zuständen noch mehrere schwer vorstellbare Phänomene. Dazu gehört die Verschränkung. Sie besagt, dass zwei Elektronen auf eine komplexe Art und Weise miteinander verbunden werden können. Diese Verbindung bleibt unter bestimmten Umständen bestehen, auch wenn die beiden Objekte voneinander getrennt werden. Irgendwie haben die Elektronen damit eine Art vorausschauendes Wissen, besitzen also schon die Information, wie sich der Partner verändern wird. Dank der Verschränkung können auch die Elektronen in den beschriebenen Quantenpunkten miteinander kommunizieren. Wird der Spin eines Elektrons verändert, ist dies auch bei dem anderen messbar. Ausgehend von theoretischen Überlegungen der Gruppe von Professor

Daniel Loss, konnte das Team um Professor Christian Schönberger nun verschränkte Elektronen in einem Festkörper erstmals trennen.

„Noch ist der Quantencomputer Zukunft. Es bleiben viele Fragen offen und es ist bisher nicht klar, ob sich alle Theorien wirklich in die Praxis umsetzen lassen“, bemerkt Professor Daniel Loss. In den letzten Jahren sind jedoch schon etliche wichtige Schritte auf dem Weg zum Quantencomputer gelungen. Die Forschende vom SNI haben massgeblich dazu beigetragen.



Im Jahr 2010 gewann Professor Daniel Loss für seine herausragenden Arbeiten den renommiertesten Wissenschaftspreis der Schweiz, den Marcel-Benoist-Preis.



Welche Alternativen gibt es?

Fossile Brennstoffe werden knapper, es gibt Umweltprobleme bei deren Förderung, und die Diskussion um einen erhöhten Kohlendioxidausstoß bereitet Kopfzerbrechen. Daher stehen erneuerbare Energien wie noch nie zuvor im Fokus des öffentlichen Interesses. Neben der Windenergie ist es vor allem die Sonne, deren Potenzial weltweit vermehrt zur Stromerzeugung genutzt werden kann. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler erforschen deshalb Möglichkeiten, um Sonnenenergie noch effizienter, kostengünstiger und flexibler zu nutzen.

Mit Solarstrom unabhängig werden

Wie in vielen anderen Bereichen war auch bei der Nutzung von Sonnenenergie die Raumfahrt Vorreiter. Bereits Ende der 50er Jahre startete ein Satellit ins Weltall, dessen Strom mit Hilfe von Solarzellen erzeugt wurde. Inzwischen haben Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in dieser als Photovoltaik bezeichneten Technologie weltweit enorme Fortschritte erzielt. Solaranlagen sind wesentlich effizienter und erschwinglicher geworden. Heute sind bereits preisgünstige Taschenrechner, Gartenlampen oder Parkuhren mit Solarzellen versehen. Ein Einfamilienhaus unabhängig vom Stromnetz zu machen und mit einer Photovoltaikanlage auszustatten, ist jedoch auch weiterhin eine grosse Investition. So manche Familie überlegt noch reiflich, da sich die Ausgaben erst nach einigen Jahren amortisieren. Ziel ist es daher auch bei Forschenden am Swiss Nanoscience Institut (SNI), Solarzellen kostengünstiger herzustellen und robuster zu machen, ohne die Effizienz zu vermindern. Wichtig ist ebenfalls, umweltverträgliche Substanzen bei der Herstellung einzusetzen und auf Ressourcen zurückzugreifen, die weltweit verfügbar sind.

Stromerzeugung durch Silizium

Bei dem Grossteil der heute verwendeten Solarzellen handelt es sich um Siliziumzellen. Durch Sonnenlichteinstrahlung werden in den Siliziumzellen positive und

negative Ladungsträger frei. Wird ein Verbraucher wie eine Glühlampe oder ein Akku an die Solarzelle angeschlossen, fliesst Strom.

Beiträge zur Erforschung und Entwicklung eines anderen Typs, der als Farbstoff-Solarzelle oder Grätzel-Zelle bezeichnet wird, leistet auch das SNI. Hierbei absorbieren organische oder anorganische Farbstoffe das Sonnenlicht und erzeugen so Strom. Die Farbstoffsolarzellen bestehen aus zwei Elektroden, von denen eine meist mit Platin, die andere mit dem leitfähigen Titandioxid beschichtet ist. Auf die Oberfläche des Titandioxids ist ein Farbstoff aufgetragen, der das Licht sammelt. Bisher wurde hier vor allem das Metall Ruthenium verwendet.

Die Forschungsgruppe von Professor Edwin Constable vom SNI identifizierte nun bestimmte Kupferverbindungen, die ähnliche Eigenschaften wie das seltene und teure Ruthenium aufweisen. Die hergestellten Solarzellen-Prototypen absorbieren Sonnenlicht mit ähnlich hoher Effizienz wie die Ruthenium-haltigen Verbindungen. Die Kupferverbindungen lassen sich jedoch wesentlich kostengünstiger bereitstellen.



Gabriel Schneider, Doktorand im Team von Professor Edwin Constable, stellt photoaktive Verbindungen her.

Mit Brombeeren funktioniert es auch

Natürliche organische Farbstoffe setzte Dr. Thilo Glatzel aus dem Team von Professor Ernst Meyer ein, um Sonnenlicht einzufangen und Ruthenium zu ersetzen. Er stellte kleine Solarzellen von 1 cm² her und testete die Eigenschaften von verschiedenen natürlichen farbigen Extrakten wie Brombeer- und Hibiskusextrakt und dem gelben Krokus-Farbstoff. Mit allen getesteten Farbstoffen liessen sich funktionierende Solarzellen herstellen. Die Stromausbeute blieb jedoch hinter der von Ruthenium zurück.

„Noch haben die gut untersuchten und optimierten Siliziumzellen bei der Nutzung der Sonnenenergie die Nase vorn“, kommentiert Professor Ernst Meyer die aktuellen

Forschungsergebnisse. „Unsere Ergebnisse zeigen aber, dass Farbstoffsolarzellen durchaus vielversprechende Möglichkeiten bieten.“ Sie haben schon jetzt gegenüber herkömmlichen Siliziumzellen einige Vorteile. Da die Elemente transparent sind, lassen sie sich direkt in Fassaden integrieren und die Fertigung ist vergleichsweise einfach. Vor allem bei diffusem Licht weisen Farbstoffsolarzellen bessere Wirkungsgrade auf. Vielleicht ist es dank weiterer Entwicklungen in ein paar Jahren keine Frage mehr, das eigene Haus mit Solarenergie unabhängiger vom Stromnetz zu machen.

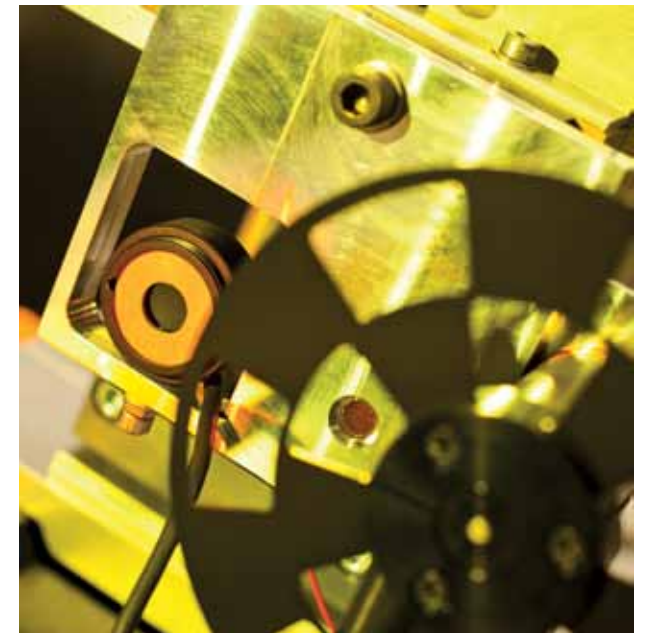
Saubere Energie mit Membranen

Erneuerbare Energie lässt sich in Zukunft wohl auch mit künstlichen Membranen gewinnen. Diese Membranen

werden im Team von Professor Wolfgang Meier vom SNI untersucht. Die Forschenden bauen in die Membranen Wasser filternde Proteine ein und entwickeln neue, effiziente Möglichkeiten, Meerwasser zu entsalzen. Diese Membranen können jedoch auch zur Energiegewinnung in einem besonderen Kraftwerkstyp, dem Osmosekraftwerk, eingesetzt werden. Hierbei trennen die Membranen einen Behälter mit Süßwasser von einem Salzwasserbecken. Bedingt durch den osmotischen Druck strömt Süßwasser durch die Membran, um das Salzwasser zu verdünnen. Im Salzwasserbecken entsteht ein Überdruck, der Turbinen antreibt und so Strom erzeugt. Im Jahr 2009 ist bereits eine erste Pilotanlage dieses Kraftwerkstyps in Norwegen eröffnet worden.



Dr. Thilo Glatzel untersucht den Einsatz von natürlichen Farbstoffen in Solarzellen.





Ist das nicht gefährlich?

Die Nanowissenschaften eröffnen eine Welt neuer Technologien. In dieser Broschüre reden wir von künstlichen Organellen, Nanopartikeln und neuen Materialien, die in Zukunft zu unserem Nutzen eingesetzt werden können. Aber bergen diese neuen Technologien und Materialien nicht auch Risiken? Was passiert mit den künstlichen Organellen im Körper? Welche Reaktionen lösen beispielsweise die viel gepriesenen Kohlenstoff-Nanoröhrchen aus? Diese Fragen sind ebenso wichtig, wie die Erforschung der positiven Aspekte. Im SNI laufen daher auch Untersuchungen, die sich mit den Risiken der Nanotechnologien befassen.

Risiken nicht ausser Acht lassen

Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler am Swiss Nanoscience Institut (SNI) kümmern sich neben den Chancen, die ihre Forschungsarbeiten eröffnen, auch um die damit verbundenen möglichen Risiken und Gefahren. So werden in einer Zusammenarbeit zwischen den Chemikerinnen und Chemikern aus der Gruppe von Professor Wolfgang Meier und dem Mediziner-Team um Professor Patrick Hunziker nicht nur die Möglichkeiten von künstlichen Organellen untersucht, sondern auch deren Verhalten im Körper. Die künstlichen Organellen, auch Nanocarrier genannt, sollen inaktive Formen von Medikamenten an den gewünschten Zielort im Körper transportieren und erst dort in die aktive Substanz umwandeln und freisetzen.

Um zu verfolgen, was genau im Körper passiert, injizieren die Forschenden die künstlichen Organellen zunächst in gesunde wie auch in genetisch veränderte, kranke Mäuse. Sie verfolgen dann anhand von Blutproben die Konzentration der Medikamente und ihrer Abbauprodukte im Körper, erforschen mit Hilfe von mikroskopischen Untersuchungen aber auch die Verteilung und Effekte der Nanocarrier in verschiedenen Organen. Die bisherigen Daten geben keine Hinweise auf anatomische Gewebeveränderungen in den Organen.



Die Privatdozentin Dr. Barbara Rothen-Rutishauser untersucht die zelluläre Aufnahme von fluoreszierenden Nanopartikeln mit Hilfe eines hochauflösenden Laser-Raster-Mikroskops.

Welche Reaktionen lösen sie aus?

An Partnerinstituten des SNI führen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler auch toxikologische Untersuchungen mit Kohlenstoff-Nanoröhrchen durch. Es handelt sich hierbei um winzige Kohlenstoffröhren, die herausragende Eigenschaften aufweisen. Sie sind fester als Stahl, haben eine grosse Wärmeleitfähigkeit, eine ausgezeichnete Strombelastbarkeit und lassen sich auf verschiedene Art und Weise funktionalisieren. Am SNI wird ihr Einsatz vor allem in der molekularen Elektronik untersucht.

Die Gruppen der Professoren Peter Gehr (Institut für Anatomie, Universität Bern) und Harald Krug (Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt, EMPA, St. Gallen) sind an der Reaktion der Lunge beim Einatmen von mehrwandigen Kohlenstoff-Nanoröhrchen

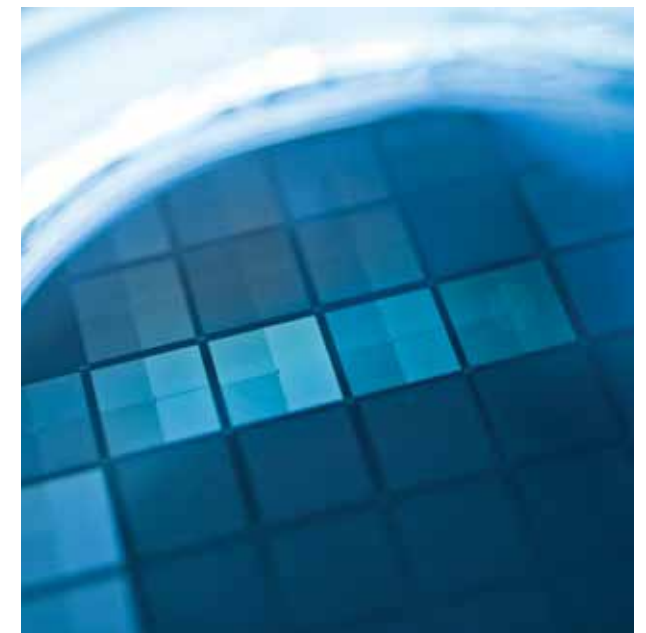
(carbon nanotubes = CNTs) interessiert. Sie untersuchten dazu im Labor die Interaktion von kultivierten Lungenzellen mit CNTs. In einer intakten Lunge ist die innere Oberfläche mit benetzenden Fettverbindungen überzogen. Alle eingeatmeten und auf der inneren Lungenoberfläche abgelagerten Partikel werden mit diesen Fettverbindungen benetzt und bedeckt. Die Forschenden verwendeten daher bei ihren Untersuchungen CNTs, die mit diesen benetzenden Fettverbindungen bedeckt sind und verglichen diese mit freien CNTs. Es zeigte sich dabei, dass bedeckte CNTs in den Zellen zu einer geringeren Entzündungsreaktion führten als ihre freien Gegenstücke. Die Tests sind jedoch noch nicht abgeschlossen und erst zukünftige Analysen werden endgültige Daten über die Wirkung der verwendeten Nanoröhrchen geben.

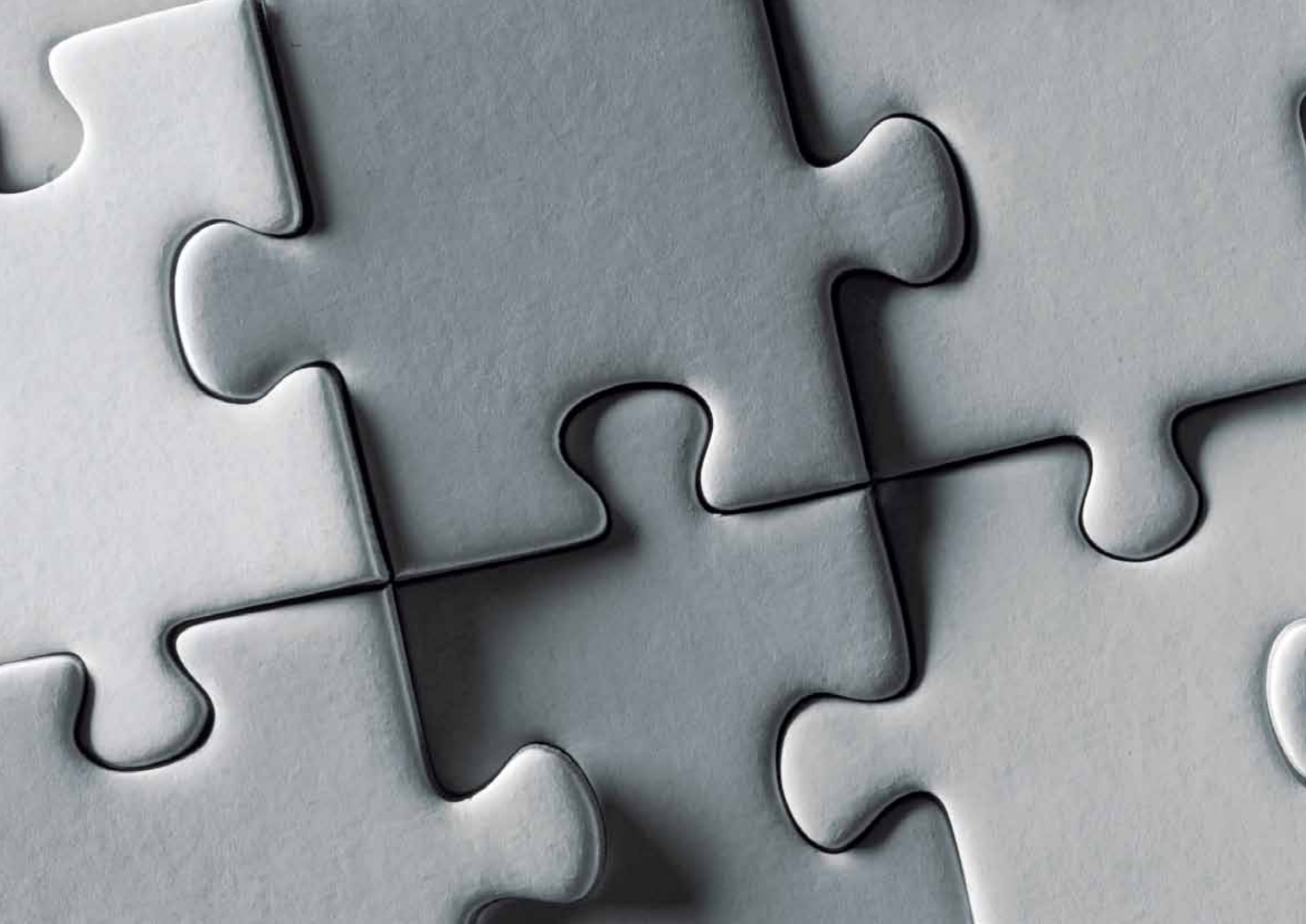
Weitere Studien zu den Reaktionen von Nanopartikeln in Zellkulturen führen in Zukunft die Privatdozentin Dr. Barbara Rothen-Rutishauser am Institut für Anatomie der Universität Bern und Dr. Peter Wick an der Eidgenössischen Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (EMPA) in St. Gallen durch.

Offen für Diskussionen

Neue Technologien sind immer auch mit Risiken verbunden. „Am SNI verschliessen wir nicht die Augen davor“, kommentiert SNI Direktor Professor Christian Schönenberger den Aspekt der Sicherheit. „Wir stehen in regem Austausch mit internationalen Fachleuten auf diesem Gebiet und sind offen für Diskussionen mit der Öffentlichkeit. Unsere Aufmerksamkeit gilt auch

unseren Mitarbeitenden, denn sie sind die ersten, die mit neuen Nanomaterialien in Kontakt kommen. Es ist deshalb wichtig, sie dafür zu sensibilisieren und neue Hilfsmittel wie das Vorsorgeraster des Bundesamtes für Gesundheit bei neuen Prozessen anzuwenden. Wir stehen daher in regem Austausch mit nationalen Fachleuten (beispielsweise an der EMPA und der Universität Bern), eidgenössischen Ämtern (BAG, BAFU) und internationalen Partnern.“





Wie passt das alles zusammen?

Sicherere Medikamente, schnellere Diagnosen, neuartige Mikroskope, winzige elektronische Bauelemente, Wasserfilter, neue Solartechnik, Quantencomputer - was haben diese Forschungsthemen miteinander gemeinsam?

Die hier vorgestellten Gebiete werden alle am Swiss Nanoscience Institut (SNI) bearbeitet. Interdisziplinäre Teams aus Physik, Chemie, Biologie, Medizin und Ingenieurwissenschaften arbeiten am SNI eng zusammen, um die unterschiedlichsten Aspekte der Nanowissenschaften zu erforschen.

Exzellenzzentrum für Nanowissenschaften

Das Swiss Nanoscience Institut (SNI) wurde 2006 als Exzellenzzentrum für Nanowissenschaften und Nanotechnologie gegründet. Es bildet ein Dach für den 2001 gestarteten Nationalen Forschungsschwerpunkt (NFS) Nanowissenschaften sowie die 2006 lancierte Argovia-Initiative des Kantons Aargau. Gleichzeitig ist das SNI auch die nachhaltige Fortsetzung des NFS Nano.

Ziel des SNI ist es, durch Forschung in den Nanowissenschaften Impulse für Lebenswissenschaften, Nachhaltigkeit, Informations- und Kommunikationstechnologien zu liefern sowie nanotechnologische Anwendungen zu entwickeln und weiter zu verfolgen. Das SNI bietet zudem den einzigen Bachelor- und Master-Studiengang in Nanowissenschaften der Schweiz an. Bereits seit 2002 können junge Nanoforscherinnen und Nanoforscher die interdisziplinäre Ausbildung an der Universität Basel beginnen und mit einem Bachelor oder Master of Science in Nanosciences abschliessen.

Interdisziplinäre und internationale Teams

Am SNI arbeiten rund 250 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in verschiedenen internationalen Teams daran, ein besseres Verständnis der Nanowelt zu erhalten. In dieser Welt der einzelnen Atome und Moleküle

existieren eigene Gesetze, die sich von denen der Makro- und Mikrowelt unterscheiden. Erfolge erzielen Forschende hier nur, wenn sie in interdisziplinären Teams die Grenzen der klassischen Fachrichtungen Physik, Chemie, Biologie, Medizin und Ingenieurwesen überwinden. Ko-

operationen gibt es am SNI nicht nur zwischen verschiedenen Departementen der Universität Basel sondern auch mit Partner-Institutionen innerhalb des schweizerischen SNI Netzwerkes und mit führenden internationalen Forschungseinrichtungen der Nanowissenschaften.



Dr. Monica Schönenberger und Dr. Peter Reimann arbeiten im Rahmen der Nanotech Service Einrichtung der Universität Basel eng mit der Industrie zusammen.

Aargau ist wichtiger Partner

Wie in anderen Bereichen steht auch in den Nanowissenschaften die Grundlagenforschung am Anfang. Thematisch werden am SNI die Schwerpunkte Nanobiologie, Quantencomputer, atomare und molekulare Nanosysteme, molekulare Elektronik, funktionale Materialien und Selbstorganisation behandelt. In allen diesen Bereichen haben die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler jedoch auch mögliche technologische Anwendungen im Blick. Dank der Unterstützung des Kantons Aargau können am SNI aussichtsreiche angewandte Forschungsprojekte in enger Zusammenarbeit mit einem Industriepartner durchgeführt werden. Durch die Unterstützung aus dem Aargau wurden am SNI zudem zwei Professuren eingerichtet, die 2009 mit Professor Martino Poggio für Nanotechnologie

und Professor Rodrick Lim für Nanobiologie besetzt wurden.

Auch wenn es um die Anwendung etablierter Nanotechnologien geht, ist das SNI ein zuverlässiger Partner. Die Nanotech Service Facility der Universität Basel unter Leitung von Dr. Peter Reimann und Dr. Monica Schönenberger übernimmt Auftragsforschungsarbeiten von Schweizer Firmen und gibt Starthilfe für neue High-Tech-Projekte kleinerer Firmen in der Region Basel.

Offener Dialog erwünscht

Am SNI wird jedoch nicht nur Forschung und Ausbildung gross geschrieben. Ein wichtiges Anliegen ist dem gesamten Management Team um den SNI Direktor

Professor Christian Schönenberger auch der offene Dialog mit der Öffentlichkeit. Wie bei anderen neuen Technologien liegen Hoffnungen und Ängste auch bei den Nanotechnologien manchmal eng beieinander. „Es ist unsere Pflicht, interessierte Bürgerinnen und Bürger über unsere Forschungsprojekte zu informieren, ihnen die Chancen aber auch die Risiken zu erläutern“, kommentiert Christian Schönenberger die Öffentlichkeitsarbeit des SNI. „Wir gehen hinaus in die Welt, um aktiv unsere Arbeit zu zeigen und darüber zu diskutieren. Da ich selbst begeisterter Wissenschaftler bin, ist es mir zudem wichtig, junge Leute für die Nanowissenschaften zu interessieren. Unsere Türen stehen für Schulklassen und interessierte junge Menschen offen“, fügt er hinzu.



Professor Christian Schönenberger lädt die Öffentlichkeit ein, sich über Nanowissenschaften zu informieren.



Welche angewandten Argovia-Projekte gibt es?

Im Jahr 2006 startete der Kanton Aargau das innovative Nano-Argovia-Programm, bei dem angewandte Forschungsprojekte im Nachbarkanton an der Universität Basel gefördert werden. Diese Projekte werden immer in enger Zusammenarbeit zwischen einem Industrieunternehmen sowie zwei akademischen Instituten durchgeführt. Ziel des Programms ist, auch kleinen und mittleren Unternehmen der Nordwestschweiz den Zugang zu innovativen Nanotechnologien zu ermöglichen. Die ersten Produkte auf dem Markt profitieren dank verbesserter Produktionsverfahren bereits von der Zusammenarbeit.



Den Grundlagen folgen Anwendungen

Am Swiss Nanoscience Institut (SNI) betreiben die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler nicht nur Grundlagenforschung, sondern kümmern sich auch um mögliche Anwendungen. Die enge Zusammenarbeit zwischen Universität und Industrie bringt dabei für beide Partner grosse Vorteile.

Im Rahmen des Argovia-Programms, das 2009 ein Fördervolumen von über einer Million Schweizer Franken hatte, wird dieser Wissens- und Technologietransfer zwischen akademischen und Industriepartnern vorangetrieben. Im Argovia-Programm des SNI sind als akademische Institutionen die Universität Basel, das Paul Scherrer Institut (PSI) in Villigen, die Fachhochschule Nordwestschweiz (FHNW) in Muttenz und Windisch sowie das CSEM (Schweizerisches Zentrum für Elektronik und Mikrotechnologie) in Basel beteiligt. Geleitet wird das Programm von den Professoren Jens Gobrecht (PSI und FHNW) und Uwe Pieves (FHNW).

Schlaue Medikamente

In Zusammenarbeit mit der Firma Biocure testen Forschende unter Leitung von Professor Wolfgang Meier künstliche in einem Gel eingeschlossene Bläschen

(Vesikel) als Transporter für Medikamente. Erst ein äusserer Impuls wie beispielsweise ein veränderter pH-Wert sorgt für die Freisetzung der aktiven Substanz.



Professor Jens Gobrecht entwickelt Verfahren, um fälschungssichere Kredit- und Ausweiskarten herzustellen.

Erkennbare Tumore

Eine bessere und sensitivere Erkennung von Tumoren möchten Forschende um Professor Roger Schibli (PSI) in Kooperation mit der Firma Alpha-O-Peptides erreichen. Sie koppeln dazu radioaktive Isotope an Eiweiss-Nanopartikel, die sehr spezifisch an Andockstellen (Rezeptoren) der Tumore binden. Erste Tests mit Mäusen zeigen, dass die gewünschte Spezifität und Anreicherung noch nicht erreicht ist. Deswegen werden in einem nächsten Schritt die Partikel mit langen, wasserlöslichen Seitenketten (Polyethylenglykol) modifiziert. Sie werden dadurch im Körper langsamer abgebaut und erzielen bessere Ergebnisse.

Biochips für eine breite Anwendung

In den letzten Jahren haben DNA-Chips, mit denen in kurzer Zeit Gene identifiziert und ihre Aktivitäten analysiert werden können, Einzug in zahlreiche Laboratorien gehalten und die Genanalyse revolutioniert. Die Auswertung der herkömmlichen Gen-Chips benötigt aufwendige optische Geräte und ist teuer.

In einem Argovia-Projekt in Zusammenarbeit mit der Firma Sensirion untersuchen nun Forschende unter Leitung von Professor Christian Schönenberger günstigere Chip-Systeme aus winzigen leitenden Nanodrähten. Sie funktionalisieren die Oberfläche der Nanodrähte mit spezifischen Molekülen. Bindet eine Substanz in der Testlösung an die Nanodrähte, lässt sich dies anhand der veränderten elektrischen Leitfähigkeit des Nanodrahtes messen. Die Wissenschaftler untersuchten zunächst den erfolgreichen Einsatz der Nanodrähte zur Messung des pH-Wertes verschiedener Lösungen. In weiteren Studien konzentriert sich das Team auf Faktoren, die für die Empfindlichkeit ausschlaggebend sind. Ziel ist es, Richtlinien für das Design verschiedener chemischer und biologischer Sensoren aufzustellen.

Günstige Federbalken

Eine weitere medizinische Anwendung wird in einem Projekt zusammen mit Concentris untersucht. Das interdisziplinäre Team von Professor Bert Müller versucht, optimierte Federbalkensysteme (Cantilever) zum Nachweis verschiedener Biomoleküle kostengünstiger herzustellen. Die Forschenden testen dazu Kunststoffcantilever, die im Spritzgussverfahren hergestellt werden. Zu Beginn haben sie sich damit beschäftigt, das Herstellungsverfahren zu optimieren. Nachdem erste Tests erfolgreich verlaufen sind, möchten sie nun experimentell zeigen, dass Polymercantilever nicht nur preiswerter, sondern auch besser als herkömmliche Federbalkensysteme aus Silizium sind.

Bessere Katalysatoren

Die Firma HeiQ Materials beteiligt sich an einer Studie, in der optimierte Wege zur Manganoxid-Herstellung

untersucht werden. Unter Leitung der Professoren Uwe Pieleles und Gerhard Grundler (FHNW) testen Forschende eine wichtige Methode, Flammenpyrolyse genannt, um winzige Manganoxidpartikel herzustellen, die die Oxidation verschiedener chemischer Verbindungen fördern.

Fälschungssichere Karten

In einem bereits abgeschlossenen Argovia-Projekt etablierte Professor Jens Gobrecht mit seinem Team (FHNW, PSI und Trüb AG, Aarau) einen neuartigen, schnellen Abformprozess für fälschungssichere Sicherheitsmerkmale in Oberflächen von Kredit- oder Ausweiskarten. Für eine Einführung in die Produktion sind noch weitere Kostenreduktionen notwendig. Das Projekt hat aber viele neue Erkenntnisse über die Laserbearbeitung von Kartenoberflächen geliefert.

Daher haben die Fachleute zusammen mit der Trüb AG ein Projekt bei der Förderagentur für Innovation des Bundes (KTI) für eine abgewandelte Form der Laserbearbeitung von Kartenoberflächen beantragt.

Drei Partner sind Minimum

Im Argovia-Programm werden noch weitere Projekte aus unterschiedlichen Gebieten gefördert. Jährlich im Herbst können interessierte Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler Anträge einreichen, die vom Argovia-Ausschuss begutachtet werden. Bei jedem Projekt müssen mindestens zwei akademische Partner der Universität Basel, der Fachhochschule Nordwestschweiz, des Paul Scherrer Instituts und des CSEM Basel zusammen mit einem Industriepartner einen Projektvorschlag ausarbeiten.



Professor Uwe Pieleles leitet zusammen mit Professor Jens Gobrecht das Nano-Argovia-Programm.



Kann ich Nano auch studieren?

Die meisten heute aktiven Nanowissenschaftlerinnen und Nanowissenschaftler kommen aus den klassischen Disziplinen Physik, Chemie und Biologie. In der Nanowelt sind die Übergänge zwischen diesen Fachrichtungen aber fließend und es ist ein grosses Mass an Interdisziplinarität gefragt. Um den Nanoforscherinnen und Nanoforschern der Zukunft von Anfang an die beste Ausbildung und optimale Voraussetzungen zu liefern, etablierte die Universität Basel 2002 ein interdisziplinäres Nanowissenschafts-Studium. Als einzige Universität der Schweiz bietet Basel den Studierenden die Möglichkeit, das Studium mit einem Bachelor und einem Master of Science in Nanosciences abzuschliessen.

Interdisziplinäre Ausbildung

Bei Forschungsprojekten in den Nanowissenschaften sind fast immer Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler verschiedener Disziplinen beteiligt. Wollen Teams aus der Biologie natürliche Nanomaschinen in unseren Zellen genau studieren, sind sie auf enge Zusammenarbeit mit Physikerinnen und Physikern angewiesen, die für derartige Studien geeignete Mikroskope entwickeln. Ohne Chemiker, die neuartige Moleküle synthetisieren, kämen Physiker in ihren Anstrengungen elektrische Bauelemente aus einzelnen Molekülen herzustellen, nicht viel weiter. Wenn Mediziner neuartige Diagnosemethoden testen, haben sie vorher in einem interdisziplinären Team zusammen mit Fachleuten aus der Physik daran getüftelt. Für die Forschenden ist diese Zusammenarbeit mit anderen Disziplinen am Anfang nicht immer leicht. Es braucht einige Zeit, bis alle die selbe Sprache sprechen und die Anliegen und Probleme des anderen verstehen.

Vielfältig von Anfang an

Nanowissenschaftlerinnen und Nanowissenschaftler der Zukunft können diese fachübergreifende Zusammenarbeit schon während ihres Studiums erlernen. Seit 2002 bietet die Universität Basel den interdisziplinären Studiengang Nanowissenschaften an. Die

Studierenden bekommen hier eine breit gefächerte theoretische und praktische Ausbildung in Physik, Chemie, Biologie und Mathematik. Von Beginn an bilden Professorinnen und Professoren verschiedener Fachrichtungen die Studierenden interdisziplinär aus. Dabei kommen die Lehrenden nicht nur von der Universität

Basel, sondern auch aus anderen Forschungsinstitutionen des SNI Netzwerkes. Nach den ersten drei Jahren können die Studierenden einen Bachelor of Science in Nanosciences erwerben. Nach weiteren drei Semestern besteht die Möglichkeit, das Studium mit dem Master of Science in Nanosciences abzuschließen.



Nora Sauter, im Bachelor-Studium: „Das Nanostudium erlaubt mir Einblicke in Physik, Biologie und Chemie. Und später kann ich wählen, welche Richtung ich vertiefen möchte.“

Praxisnah und flexibel

Viel Wert wurde beim Auf- und Ausbau auf eine praxisnahe Gestaltung des Studiums gelegt. Da die Leistungen nach ECTS-Kreditpunkten berechnet werden, können Studierende ihr Studium jederzeit an anderen europäischen Universitäten fortsetzen. Die Leitung des SNI unterstützt ausdrücklich Auslandserfahrung der Studierenden und vergibt daher Reisestipendien. Zudem existieren zahlreiche Erasmusabkommen mit anderen europäischen Universitäten. Auch innerhalb der Universität Basel ist die Mobilität gewährleistet. Der neue Studiengang ist mit den anderen naturwissenschaftlichen Lehrgängen kompatibel.

Wie das Nano-Studium an der Universität Basel bei den Studierenden selbst ankommt, kommentieren sie am besten selbst.

Meret Hornstein, Master of Science in Nanosciences:
”” *Mich hat vor allem die Vielseitigkeit dieses Studiums interessiert. Zwar wissen wir als Nanowissenschaftler nicht jedes Detail in Physik, Biologie und Chemie, aber wir kennen die Verknüpfungen und Zusammenhänge der drei Richtungen und können so Probleme im Ganzen angehen, ohne uns auf ein Gebiet zu versteifen.* ””

Manuel Voegtli, Master of Science in Nanosciences:
”” *Durch meine zukunftssträchtige Ausbildung in Nanowissenschaften konnte ich im Ausland problemlos eine Doktorandenstelle finden.* ””

Susanne Baumann, Master of Science in Nanosciences:
”” *Das Studium ist gut angelegt, so ermöglichen die Blockkurse wunderbare und prägende Einblicke in die zukünftige Arbeit als Wissenschaftler. Diese praxisbezogenen Kurse sind, neben der sozialen Organisation, das Highlight des Studiums schlechthin. Nach gut drei Jahren Studium kann ich mit Überzeugung sagen „Nano ist Mega“ – in jeder Hinsicht: Betreuung, Studium, Soziales, Events,...* ””



Lukas Greuter, Master of Science in Nanosciences: „Durch die interdisziplinäre Ausrichtung des Nanostudiums erhält man einen guten Einblick in die verschiedenen Naturwissenschaften. So verfügt man über ein breites naturwissenschaftliches Verständnis, bevor man sich vertieft mit einem Gebiet auseinandersetzt.“



Warum gerade in der Nordwestschweiz?

Seit 1981 das Rastertunnelmikroskop entdeckt wurde und damit die Ära der Nanowissenschaften begann, hat die Universität Basel eine führende Stellung in den Nanowissenschaften inne. 2001 wurde das Departement Physik in Basel zum Leading House des Nationalen Forschungsschwerpunkts Nanowissenschaften (NFS Nano) gewählt. Seither wird von Basel aus ein Netzwerk nationaler und internationaler Forschungseinrichtungen koordiniert und geleitet, zu dem 2006 das Nano-Argovia-Programm hinzukam. Um die grundlagenwissenschaftlichen Arbeiten im NFS sowie die angewandte Forschung im Argovia-Programm zusammenzufügen, gründete die Universität Basel 2006 das Swiss Nanoscience Institut (SNI). Damit ist sichergestellt, dass der befristete NFS Nano in eine zeitlich unbegrenzte Institution übergeht.

Nordwestschweiz als Nanozentrum

In der Schweiz gibt es verschiedene Forschungsinstitutionen, die sich mit Nanowissenschaften beschäftigen. Warum wurde das SNI ausgerechnet in Basel gegründet?



Professor Antonio Loprieno

Professor Antonio Loprieno, Rektor der Universität Basel: **”** Die Universität Basel hat schon seit den Anfängen der Nanowissenschaften eine führende Stellung auf diesem Gebiet inne. Professor Güntherodt, der vor einigen Jahren mein Vorgänger im Rektorat war und das Institut für Physik geleitet hat, ist einer der Nanopioniere der Schweiz. Er und seine Kolleginnen und Kollegen haben durch ihre wissenschaftlichen Erfolge den Ruf der Universität Basel als Zentrum für Nanowissenschaften etabliert. Nachdem der Schweizerische Nationalfond 2001 die Universität Basel als Leading House des Nationalen Forschungsschwerpunkts (NFS) Nanowissenschaften gewählt hat, konnten Forschungsgruppen erweitert und die nationale und internationale Zusammenarbeit mit anderen Institutionen ausgeweitet werden.

Im Jahr 2006 startete dann unser Nachbarkanton Aargau seine Argovia-Initiative, bei der angewandte Forschung an unserer Universität unterstützt wird. Wir brauchten ein gemeinsames Dach für die beiden Erfolgsgeschichten NFS Nano und Nano-Argovia und eine Einrichtung, die eine langfristige Fortsetzung des NFS garantiert.

Zudem ist Basel von jeher eine Wissenschaftsmetropole. Wir haben hier eine einzigartige Konzentration von globalen Life Sciences Firmen, innovativen Start-ups und etablierten kleinen und mittleren Unternehmen.

In zunehmendem Masse werden die Nanowissenschaften eine Rolle in den Lebenswissenschaften einnehmen und die enge räumliche Vernetzung wird die Zusammenarbeit unterstützen. ”

Professor Heinrich Rohrer, Nobelpreisträger und Miterfinder des Rastertunnelmikroskops **”** Seit den Anfängen der Nanowissenschaften spielt die Schweiz eine eindrucksvolle Rolle bei der Entwicklung dieses noch recht jungen Wissenschaftszweiges. Mit grosszügiger öffentlicher und privater Förderung gestalten die



Professor Heinrich Rohrer

Welche Rolle spielt das Swiss Nanoscience Institut für Ihre Forschungsinstitution?

Wissenschaftler in der Schweiz die Nanowissenschaft und -technik an vorderster Front mit. Die Universität Basel griff mit der Fachrichtung Physik als erste akademische Institution der Schweiz die Nanowissenschaften auf. Entsprechend der interdisziplinären Natur der Nanowissenschaften gelang es in Basel, wie nirgendwo anders in der Schweiz, Gruppen aus den verschiedenen Fachrichtungen der Naturwissenschaften und der Medizin zusammen zu führen. Mit der Gründung der klinischen Nanomedizin wurde ein weiterer Meilenstein gesetzt. ”



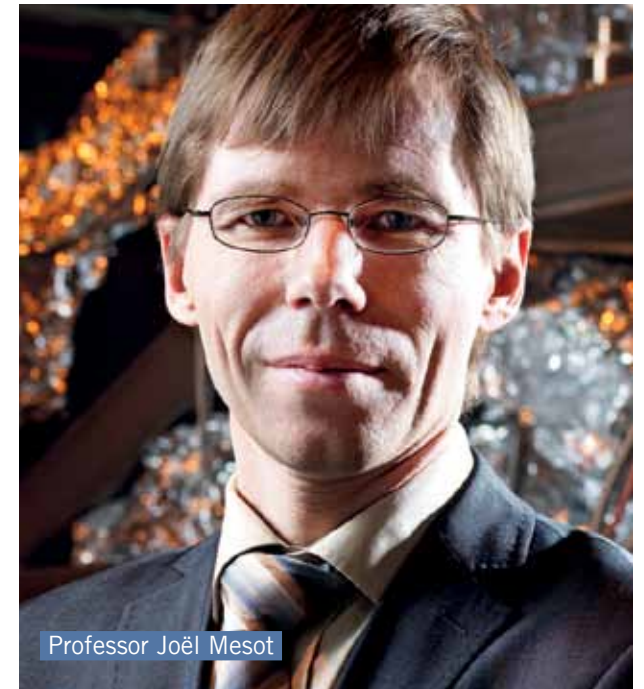
Professor Richard Bühler

Professor Richard Bühler, Direktionspräsident der Fachhochschule Nordwestschweiz (FHNW):

” Für die Fachhochschule Nordwestschweiz ist die enge Zusammenarbeit mit der Universität Basel und im Besonderen mit dem Swiss Nanoscience Institut eine grosse Bereicherung. Seit der Kanton Aargau erfreulicherweise die Universität mit dem Argovia-Programm unterstützt, konnten die bereits bestehenden Verbindungen noch weiter ausgebaut werden. In zahlreichen Projekten arbeiten nun Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der FHNW Hand in Hand mit Kolleginnen und Kollegen der Universität Basel und anderen Forschungsinstitutionen des SNI Netzwerkes zusammen. Da wir gemeinsam ein grösseres Spektrum an Expertisen anbieten können, sind wir mit dem SNI eine attraktivere Partnerin für Unternehmen geworden. Auch unsere Studierenden profitieren letztlich von der wissenschaftlichen Zusammenarbeit mit der Universität Basel. ”

Professor Joël Mesot, Direktor des Paul Scherrer Instituts (PSI):

” Die Nanowissenschaftler der Universität Basel nutzen die Grossforschungsanlagen des PSI seit Langem, insofern bestand schon immer eine sehr enge Verbindung. Mit Gründung des Swiss Nanoscience Instituts konnte diese noch weiter ausgebaut werden. Sichtbar wird dies nicht nur anhand gemeinsamer Forschungsprojekte sondern auch durch die Ernennung der beiden PSI Forschungsgruppenleiter Thomas Jung und Frithjof



Professor Joël Mesot

Nolting zu Titularprofessoren am SNI im Rahmen der Nano-Argovia Initiative des Kantons Aargau. Neben ihrer Forschung am PSI betreuen beide auch Projekte an der Universität Basel. Wir freuen uns auf eine weitere Intensivierung der Zusammenarbeit im Hinblick auf die geplante Realisierung des Freie-Elektronen-Röntgenlaser SwissFEL hier am PSI. ”



Wo kann ich noch mehr darüber erfahren?

Die Forschungsgebiete am Swiss Nanoscience Institut (SNI) erstrecken sich auf weitere Bereiche. Möchten Sie noch mehr darüber erfahren? Benötigen Sie Bildmaterial oder Hintergrundinformationen? Planen Sie mit Ihrer Schulklasse das SNI zu besuchen oder denken Sie daran, Nanowissenschaften zu studieren? Kontaktieren Sie uns!

Für Fragen offen

Mitarbeitende des Swiss Nanoscience Instituts (SNI) versorgen Sie mit Hintergrundinformation und Bildmaterial zu den verschiedenen Forschungsgebieten, auf denen das Swiss Nanoscience Institut aktiv ist. Wenn Sie Ihren Schülerinnen und Schülern aktuelle Spitzenforschung näher bringen möchten, organisieren wir gerne eine Tour durch die Laboratorien. Daneben bieten wir auch Vorträge zu verschiedenen nanowissenschaftlichen Themen und Workshops an Ihrer Schule an.

Bei vielen Fragen zum SNI kann die Internetseite weiterhelfen: www.nanoscience.ch
Möchten Sie darüber hinaus mit uns in Kontakt treten, zögern Sie nicht!

Ansprechpartner für Medien

Dr. Tibor Gyalog
Klingelbergstrasse 82
CH-4056 Basel
+41 (0)61 267 14 72
tibor.gyalog@unibas.ch

Ansprechpartnerin für Schulen

Meret Hornstein
Klingelbergstrasse 82
CH-4056 Basel
+41 (0)61 267 1521
meret.hornstein@unibas.ch

Ansprechpartnerin für das Studium

Dr. Katrein Spieler
Klingelbergstrasse 80
4056 Basel
Tel: +41 (0)61 267 16 05
katrein.spieler@unibas.ch

Verein der Nanostudenten

nano-stud@unibas.ch



Links

Argovia-Netzwerk

- Paul Scherrer Institute Villigen (PSI) www.psi.ch
- Fachhochschule Nordwestschweiz (FHNW) www.fhnw.ch
- Schweizerisches Zentrum für Elektronik und Mikrotechnologie Basel (CSEM) www.csem.ch

Partner-Firmen im Argovia-Programm

- Alpha-O Peptides AG, Allschwil, Schweiz www.advaltech.com
- AWM Mold Tech AG, Muri, Schweiz www.biocure.com
- Biocure GmbH, Schweiz www.biotronik.ch
- Biotronik AG, Bülach, Schweiz www.concentris.ch
- Concentris GmbH, Basel, Schweiz www.dsm.com
- DSM Nutritional Products www.eulitha.com
- Eulitha AG, Villigen, Schweiz www.geberit.com
- Geberit International AG, Jona, Schweiz www.heiq.com
- HeiQ Materials AG, Bad Zurzach, Schweiz www.hightec.ch
- Hightec AG, Lenzburg, Schweiz www.kks-ultraschall.ch
- KKS Ultraschall AG, Steinen, Schweiz www.mmsx.com
- MMS AG, Membrane Systems, Urdorf, Schweiz www.nanosurf.com
- Nanosurf, Liestal, Schweiz www.nano4u.net
- Nano4U AG, Alpnach, Schweiz www.sensirion.com
- Sensirion AG, Schweiz www.thommen.aero
- Thommen AG, Waldenburg, Schweiz www.trueb.ch
- Trueb AG, Aarau, Schweiz www.zeptosens.com
- Zeptosens, Witterswil, Schweiz

SNI-Partnerinstitute

- IBM Forschungslaboratorium Rüschlikon www.zurich.ibm.com
- Eidgenössische Technische Hochschule Zürich (ETHZ) www.ethz.ch
- Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (EMPA) www.empa.ch
- Eidgenössische Technische Hochschule Lausanne (EPFL) www.epfl.ch
- Universität Fribourg www.unifr.ch

- Universität Bern www.unibe.ch
- Universität Zürich www.uzh.ch

Partnerorganisationen

- Schweizerischer Nationalfond (SNF) www.snf.ch
- i-net Basel Nano www.inet-basel.ch
- Schweizer Akademie der Technischen Wissenschaften (SATW) www.satw.ch
- Akademie der Naturwissenschaften Schweiz (SCNAT) www.scnat.ch
- Mikro- und Nanotechnologie (MNT) www.mnt.ch

SNI-Beirat

- Dr. Werner Berner, Verwaltungsratspräsident Berner Partners AG
- Prof. Gian-Luca Bona, Direktor EMPA
- Regierungsrat Christoph Brutschin, Vorsteher Departement für Wirtschaft, Soziales und Umwelt des Kantons Basel-Stadt
- Dr. Bruno Covelli, CEO und VRP Tecova AG
- Regierungsrat Klaus Fischer, Vorsteher Departement für Bildung und Kultur des Kantons Solothurn
- Prof. Hans-Joachim Güntherodt, Gründungsdirektor NCCR Nanoscale Sciences
- Dr. Murray Height, CTO und Gründer von HeiQ Materials
- Prof. Gerda Huber, Direktorin der Hochschule für Life Sciences, Fachhochschule Nordwestschweiz
- Regierungsrat Alex Hürzeler, Vorsteher Departement Bildung, Kultur und Sport des Kantons Aargau
- Dr. Norbert Wagner, Vizepräsident Performance Chemical Research Basel, BASF Schweiz AG
- Prof. Willy Schlachter, ehemals Vizepräsident Forschung, Fachhochschule Nordwestschweiz
- Dr. Robert Sum, Head of Marketing and Business Development Nanosurf AG
- Prof. Friso van der Veen, Leiter Forschungsbereich Synchrotronstrahlung und Nanotechnologie PSI
- Regierungsrat Urs Wütherich-Pelloli, Vorsteher der Bildungs-, Kultur- und Sportdirektion Basel-Landschaft

Glossar

Antibiotikum, Antibiotika

Antibiotika (Einzahl: Antibiotikum) sind Substanzen mit antimikrobieller Wirkung. Sie werden aus Pilzen oder Bakterien, synthetisch oder gentechnisch gewonnen.

DNA

Die Desoxyribonukleinsäure (DNA) ist ein in allen Lebewesen vorkommendes Biomolekül und die Trägerin der Erbinformation.

Enzym

Enzyme sind Proteine, die biochemische Reaktionen katalysieren. Enzyme haben wichtige Funktionen im Stoffwechsel von Organismen: sie steuern den überwiegenden Teil biochemischer Reaktionen – von der Verdauung bis hin zum Kopieren und Übertragen der Erbinformationen.

Grätzel-Zelle

Die Grätzel-Zelle (auch Farbstoffsolarzelle) dient der Umwandlung von Lichtenergie in elektrische Energie. Dabei werden zur Absorption von Licht organische Farbstoffe wie Carotinoide verwendet. Benannt wurde diese Solarzelle nach Michael Grätzel (EPFL, Lausanne, Schweiz).

Kohlenstoffnanoröhrchen

Kohlenstoffnanoröhrchen sind mikroskopisch kleine röhrenförmige Gebilde aus Kohlenstoff. Sie weisen ganz besondere Materialeigenschaften auf.

Nano

Nanos ist abgeleitet aus dem Griechischen und bedeutet

Zwerg. Als Vorsilbe beschreibt Nano den Milliardensten Teil. Ein Nanometer ist also ein Milliardstel Meter (oder auch ein Millionstel Millimeter).

Nanowissenschaften

Nanowissenschaften bezeichnet Forschung, die sich mit Materialien im Nanometer-Massstab befasst. Bei den Materialien dieser Grössenordnung handelt es sich um Atome oder Moleküle. In den Nanowissenschaften verschmelzen die klassischen Disziplinen Biologie, Chemie und Physik.

Nanotechnologien

Anwendungen und Technologien, die sich aus den Nanowissenschaften ergeben.

Organell

Ein Organell (auch Organelle genannt, Verkleinerungsform zu Organ) ist ein strukturell abgrenzbarer Bereich einer Zelle oder eines einzelligen Organismus mit einer besonderen Funktion, z.B. Mitochondrien als Energiekraftwerke der Zelle oder Chloroplasten als Ort der Photosynthese bei Pflanzen und Algen.

Osmose

Osmose ist eine einseitig verlaufende Diffusion durch eine halbdurchlässige Membran. Osmose tritt auf, wenn zwei Lösungen unterschiedlicher Konzentration durch eine halbdurchlässige Membran getrennt sind. Durch die Membran können beispielsweise die kleinen Moleküle des Lösungsmittels durchtreten, grössere Moleküle werden jedoch zurückgehalten.

Photovoltaik

Unter Photovoltaik versteht man die direkte Umwandlung von Sonnenenergie in elektrische Energie mittels Solarzellen.

Proteine

Proteine oder Eiweisse sind aus Aminosäuren aufgebaute Makromoleküle. Proteine gehören zu den Grundbausteinen aller Zellen. Sie verleihen der Zelle nicht nur Struktur, sondern sind die molekularen „Maschinen“, die Stoffe transportieren, Ionen pumpen, chemische Reaktionen katalysieren und Signalstoffe erkennen.

Rastersondenmikroskopie

Rastersondenmikroskopie (RSM) ist der Überbegriff für alle Arten der Mikroskopie, bei denen das Bild nicht mit einer optischen oder elektronenoptischen Abbildung (Linsen) erzeugt wird wie beim Licht- oder Elektronenmikroskop, sondern über die Wechselwirkung einer sogenannte Sonde mit der Probe. Die zu untersuchende Probenoberfläche wird mit dieser Sonde in einem Rasterprozess Punkt für Punkt abgetastet. Die daraus erhaltenen Messwerte werden in einem digitalen Bild zusammengesetzt und ergeben ein Profil der Probenoberfläche.

Rastertunnelmikroskopie

Die Rastertunnelmikroskopie (RTM) ist eine spezielle Form der Rastersondenmikroskopie. Im RTM ist die Sonde eine elektrisch leitende Nadel. Kommt diese Nadel sehr nahe an eine leitende Probe, fliesst ein Tunnelstrom noch bevor sich die beiden Materialien berühren.

Dieser Tunnelstrom tritt bei Abständen von Millionstel Millimetern auf und ist stark vom Abstand zwischen Nadel und Probe abhängig. Bei der Messung tastet die Nadel die Probe ohne Berührung Punkt für Punkt ab. Der gemessene Tunnelstrom gibt dann Aufschluss über den Abstand der Spitze zur Oberfläche der Probe, was durch entsprechende Software zu einem digitalen Gesamtbild zusammengesetzt wird.

Mit Hilfe von Rastertunnelmikroskopen können nur leitende Materialien untersucht werden.

Rasterkraftmikroskopie

Die Rasterkraftmikroskopie (RKM) ist eine spezielle Form der Rastersondenmikroskopie. Sie kann auch

für nicht leitende Proben eingesetzt werden. Einsatz findet die RKM aus diesem Grund auch bei der Untersuchung biologischer Materialien in ihrer physiologischen Umgebung.

Das Rasterkraftmikroskop besitzt eine Blattfeder mit scharfer Spitze, die über die Oberfläche der Probe gerastert wird. Zwischen der Spitze (meist aus Silizium oder Siliziumnitrid) und der Probe wirken anziehende und abstossende Kräfte, wodurch die Blattfeder abgelenkt wird. Diese Verbiegung wird gemessen und zu einem digitalen Bild zusammengesetzt.

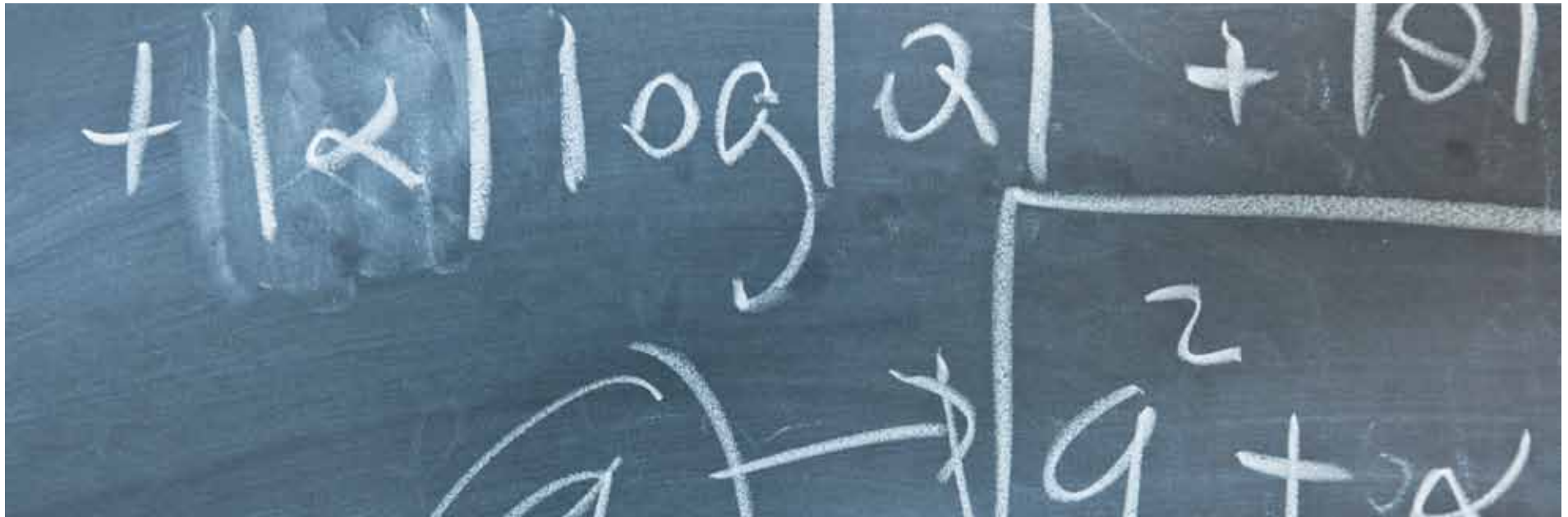
Rezeptor

Ein Rezeptor ist eine Struktur, die Reize aufnimmt

und in Erregung umwandelt. Bestehend aus Proteinen oder Proteinkomplexen ragen Rezeptoren im Allgemeinen aus der Oberfläche der Zellmembran heraus und dienen als spezifische „Andockstelle“ für verschiedene Partikel. Diese Bindung startet biochemische Signalprozesse in der Zelle.

Silizium

Silizium ist ein chemisches Element. Es ist ein klassisches Halbmetall und weist daher sowohl Eigenschaften von Metallen als auch von Nichtmetallen auf. Silizium dient als Grundsubstanz für Computerchips.





Swiss Nanoscience Institut
Klingelbergstrasse 82
CH-4056 Basel/Switzerland
Tel: +41 (0)61 267 12 38
Fax: +41 (0)61 267 34 08

www.nanoscience.ch

© Swiss Nanoscience Institut
2011, Basel, Schweiz

