



Universität  
Basel

Swiss Nanoscience Institute



Swiss Nanoscience Institute  
Exzellenzzentrum  
der Universität Basel und  
des Kantons Aargau

Was ist

nanos?



[www.nanoscience.ch](http://www.nanoscience.ch)

Folge uns auf:





*Interessierst du dich für Nanotechnologie und Nanowissenschaften? Oder denkst du Nano ist nichts für dich und geht dich nichts an?*

## **Nanotechnologie und Nanowissenschaft steckt bereits heute in vielen Dingen des Alltags.**

Viele Kosmetika enthalten Nanopartikel. So sind in zahlreichen Sonnencremes winzige Titandioxid- oder Zinkoxid-Teilchen enthalten. Sie dienen als mineralischer Sonnenschutz, sind allerdings aufgrund ihrer geringen Grösse nicht sichtbar. Richtig gut sehen können wir jedoch die Carbon Black- oder Russschwarz-Nanopartikel, die in Mascara und Kajalstiften vorkommen. Hier sorgen die kleinen schwarzen Teilchen für ein besonders tiefes Schwarz und gute Beständigkeit. Auch Nagellacke mit Keramik oder Silica-Nanopartikeln versprechen eine hohe Farbbrillanz und Widerstandsfähigkeit.



Auch in unserer Freizeit kommen wir mit Nanotechnologie in Berührung. In manchen Tennisschlägern und Fahrrädern sorgen Kohlenstoff-Nanoröhrchen dafür, dass die Sportgeräte mechanisch belastbarer werden, aber trotzdem leicht bleiben. Mit Silberpartikeln beschichtete Sportsocken wirken antibakteriell, vermindern damit die bakterielle Zersetzung von Schweiß und somit unangenehme Gerüche.



Jeden Tag nehmen wir Lebensmittel zu uns, die durch Nanotechnologie verändert werden. Im Salz sind oft Siliziumdioxid-Nanopartikel als Rieselhilfe enthalten. Ketchup kommt dank Nanotechnologie besser aus der Flasche und moderne Kühlschränke sorgen mit Silberbeschichtungen dafür, dass Lebensmittel weniger schnell verderben.



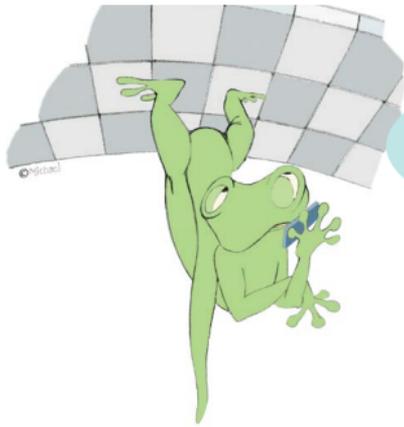
*Nano geht uns deshalb alle an!*

*Nano ist allerdings gar nicht so neu wie wir manchmal denken.*

## **Nanopartikel und -strukturen gibt es schon seit langer Zeit.**

Nanopartikel entstehen auf natürliche Weise bei Waldbränden und Vulkanausbrüchen. In Böden und Sedimenten finden Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler natürliche Nanopartikel. Schon im 17. Jahrhundert stellten Schmiede in Persien Schwerter mit Damastklingen her, die Kohlenstoff-Nanoröhrchen enthalten. Und die rote Farbe zahlreicher Kirchenfenster beruht auf Gold-Nanopartikeln, die den blauen und grünen Spektralbereich des weissen Lichts absorbieren und daher rot erscheinen.

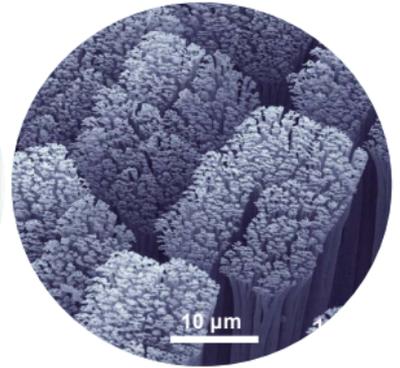
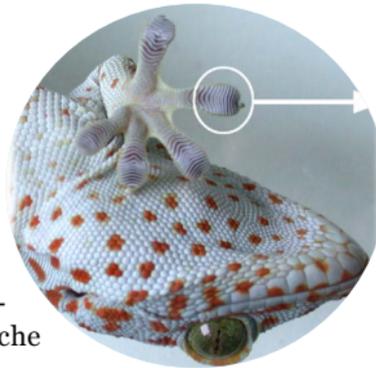




*Auch die Natur arbeitet mit Nanotechnologie. Ohne Nano könnte ich nicht so lässig an der Decke kleben, Chamäleons hätten nicht so viele Fans und keiner würde vom Lotuseffekt reden.*

### **Die besondere Nanostruktur der Geckofüsse macht es dem Gecko möglich an allen möglichen Oberflächen zu haften.**

An jedem Geckofuss befinden sich etwa eine Milliarde feinsten Hafthärchen, die an den Enden spatelförmig verbreitert sind. Schwache Wechselwirkungen (Van-der-Waals-Kräfte) zwischen diesen Härchen und der Oberfläche lassen den Gecko haften.





**Über eine besonders strukturierte Oberfläche verfügt auch die Lotusblume.**

Auf der Blattoberfläche sitzen warzenartige Erhebungen im Nanometermassstab, die mit winzigen Wachskristallen überzogen sind. An dieser rauen Oberfläche perlt jeder Wassertropfen ab und nimmt dabei Schmutzpartikel, Bakterien oder Pilzsporen mit.



**Chamäleons können je nach Aktivität und Stimmung ihre Farbe wechseln.**

Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler haben herausgefunden, dass sie dazu die Anordnung von Nanokristallen in besonderen Hautzellen verändern. Ist das Tier entspannt, liegen die Nanokristalle eng beieinander und das Chamäleon erscheint grün. Bei Aufregung liegen die Kristalle weiter auseinander und die Farbe wechselt über gelb zu orange.

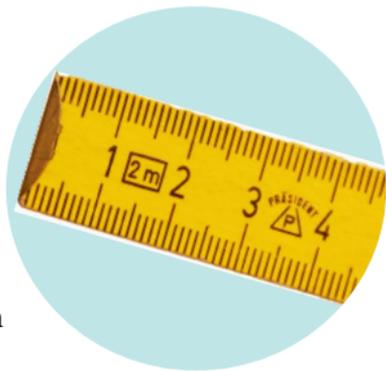
*Nano ist ja ganz schön vielseitig.*

*Aber, was bedeuten Nano und Nanowissenschaft denn jetzt genau?*



**Ein Nanometer ist ein milliardstel Meter oder ein millionstel Millimeter.**

Der Begriff «Nano» kommt aus dem Altgriechischen und bedeutet «Zwerg». Als Vorsilbe steht «Nano» für  $10^{-9}$  und damit für den milliardsten Teil einer Einheit.



## Die Nanowissenschaften beschäftigen sich mit Objekten, die nur wenige Nanometer gross sind (<100 nm).

Nanoobjekte bestehen typischerweise aus einer überschaubaren Zahl an Atomen und Molekülen.

In der Welt des Nanometers herrschen andere Gesetze als in der uns bekannten und vertrauten Makrowelt. Nanowissenschaftlerinnen und Nanowissenschaftler gehen diesen Gesetzen auf den Grund.

In zahlreichen Fällen dient die Natur als Vorbild, da dort das Zusammenspiel einzelner Moleküle und Atome perfekt aufeinander eingespielt ist.

Bei der nanowissenschaftlichen Forschung lösen sich die Grenzen zwischen den klassischen Disziplinen auf.

Nur eine enge Zusammenarbeit in interdisziplinären Teams kann hier zum Erfolg führen. Daher arbeiten Forschende aus der Physik, Biologie, Chemie, Medizin, den Materialwissenschaften, dem Ingenieurwesen und der Computertechnologie Hand in Hand, um die Nanowissenschaften und die daraus resultierenden Anwendungen in der Nanotechnologie voranzutreiben.



Es fällt schwer, sich Strukturen vorzustellen, die nur milliardstel Meter oder millionstel Millimeter gross sind.

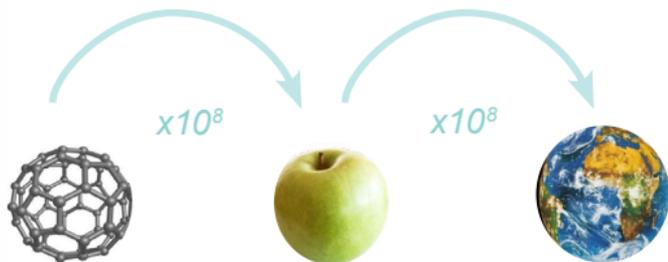
Noch viel schwerer ist es manchmal die Gesetze zu verstehen, die in dieser Nanowelt herrschen.

Nanostrukturen verhalten sich ganz anders als grössere Strukturen. Oberflächeneigenschaften eines Materials werden wichtiger als Volumeneigenschaften und zunehmend müssen quantenmechanische Effekte berücksichtigt werden.



*Wenn ich mit einem Zauberspruch ein Fussballmolekül mit einem Durchmesser von genau 1 Nanometer auf die Grösse eines Apfels aufblähen könnte, würde ich mit dem selben Vergrößerungsfaktor einen Apfel auf die Grösse der Erde zaubern.*

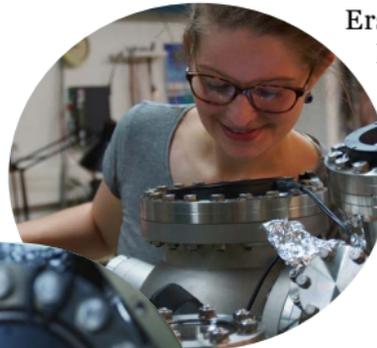
*Das Grössenverhältnis zwischen Molekül und Apfel ist also das gleiche wie zwischen Apfel und Erde.*



*Mit einem Lichtmikroskop sehe ich die Nanowelt nicht. Wie kann ich eigentlich so winzig kleine Objekte untersuchen?*



**Die Erforschung der Nanowelt ist noch gar nicht so lange möglich.**



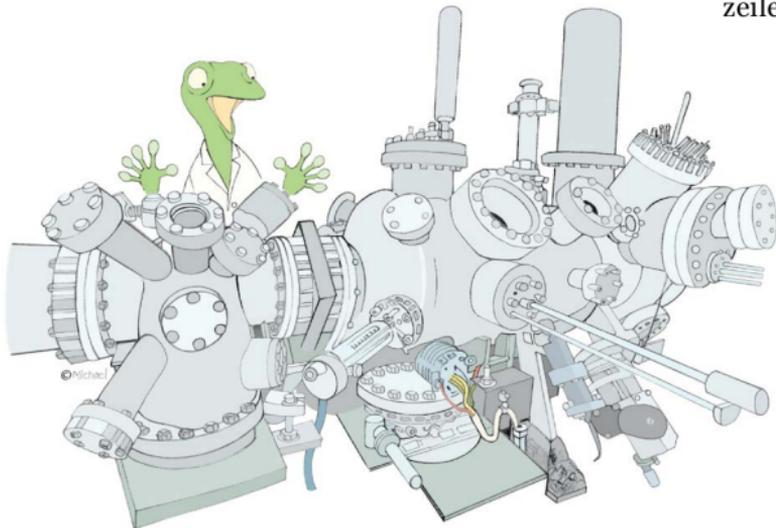
Erst 1981 ermöglichte die Entwicklung eines Rastertunnelmikroskops den Einblick in die Welt einzelner Atome und Moleküle.



Die beiden Physiker Heinrich Rohrer und Gerd Binnig vom IBM Forschungszentrum in Rüschlikon wurden für diese Entwicklung 1986 mit dem Nobelpreis für Physik ausgezeichnet.

## **Rastersondenmikroskope nutzen keine Linsen. Eine Sonde tastet stattdessen die Oberfläche der Probe Punkt für Punkt ab.**

Bei Rastersondenmikroskopen (SPM) entsteht das Bild einer Oberfläche durch die Wechselwirkung einer Sonde mit der Probe. Ähnlich wie ein Finger beim Lesen von Blindenschrift tastet eine Sonde – meist in Form einer scharfen Spitze – die Oberfläche der Probe zeilenweise ab.



Die daraus erhaltenen Messwerte werden am Computer verarbeitet und zu einem digitalen Bild zusammengesetzt, das ein Profil der Oberfläche wiedergibt.

Die am häufigsten eingesetzten Rastersondenmikroskope sind das Rastertunnelmikroskop (Scanning Tunneling Microscope, STM) für leitende und halbleitende Materialien und das Rasterkraftmikroskop, das für nichtleitende Proben entwickelt wurde (Atomic Force Microscope, AFM).

Nicht immer sind Rastersondenmikroskope so grosse Maschinen. Die Grösse und das Aussehen der Mikroskope hängen stark davon ab, was die Forschenden damit untersuchen möchten und wie hoch die Auflösung sein soll.

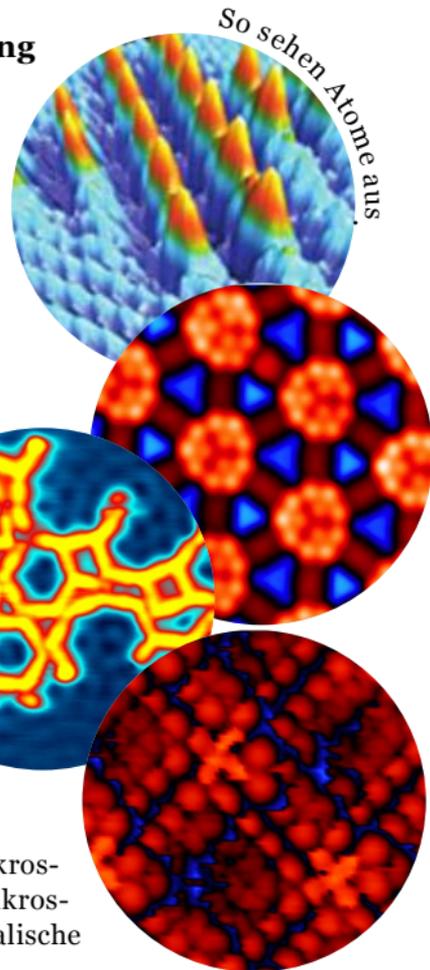
## **Rastertunnelmikroskope (STM) werden zur Untersuchung leitender oder halbleitender Materialien verwendet.**

Dabei wird eine leitende Spitze nah an die Probe gebracht. Noch bevor sich Probe und Sonde berühren fließt zwischen ihnen ein Tunnelstrom. Die Mikroskopspitze tastet während der Messung die Probe ab. Für jeden abgerasterten Punkt auf der Probenoberfläche gibt der gemessene Tunnelstrom Aufschluss über den Abstand zur Spitze. Die Information wird mittels Computer zu einem digitalen Gesamtbild zusammengesetzt.

## **Mit einem Rasterkraftmikroskop (AFM) können nicht-leitende Materialien wie biologische Proben in ihrer natürlichen Umgebung untersucht werden.**

Das AFM besitzt einen Federbalken mit scharfer Spitze, die über die Oberfläche der Probe gerastert wird. Zwischen der Spitze und der Probe wirken anziehende und abstossende Kräfte, die den Federbalken ablenken. Ein auf dem Federbalken reflektierender Laserstrahl in Kombination mit einem Photosensor misst die Verkrümmung. Diese Messwerte werden auch beim AFM Punkt für Punkt zu einem digitalen Bild zusammengesetzt.

Sowohl mit dem Rasterkraftmikroskop als auch mit dem Rastertunnelmikroskop können Forschende einzelne Atome abbilden. Daneben können die Mikroskopspitzen auch als Sensoren eingesetzt werden und verschiedene physikalische und chemische Parameter messen.



## Die Rastersondenmikroskope vergrössern Objekte etwa 100-millionenfach ( $10^8$ ).

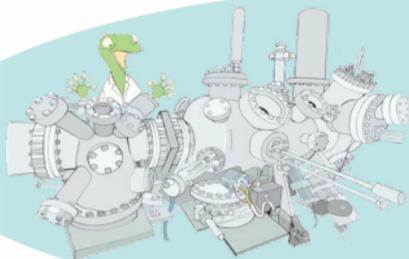


Wenn ich vom  
Mond hängen würde,  
könnte ich mit blossem Auge  
die Erde sehen.  
Mit einer Vergrösserung von  $10^8$  (wie  
bei einem Rastersondenmikroskop)  
könnte ich vom Mond aus die  
Automarke eines Sportwagens  
erkennen oder einen  
Schmetterling auf der Erde  
entdecken.

ohne  
Vergrösserung

mit  $10^8$ -facher  
Vergrösserung

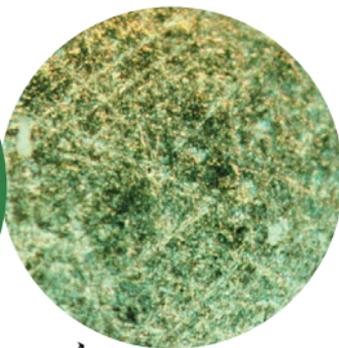




*Mit diesen und anderen  
Mikroskopen können wir die  
Welt ganz genau anschauen.*



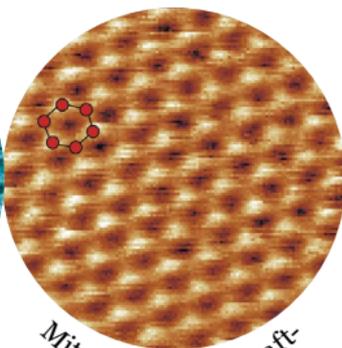
*Ein Bleistift aus Graphit  
wie ihn jeder kennt.*



*Mit einem Licht-  
mikroskop lassen sich  
ein paar Details  
erkennen.*



*Unter einem Raster-  
elektronenmikroskop  
wird die raue Ober-  
fläche sichtbar.*



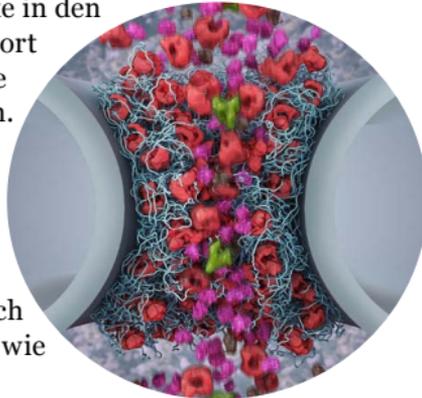
*Mit einem Rasterkraft-  
mikroskop können wir  
einzelne Kohlenstoff-  
atome erkennen.*

*Die Nanoforschung ist total vielseitig. Ich zeige dir ein paar Beispiele.*

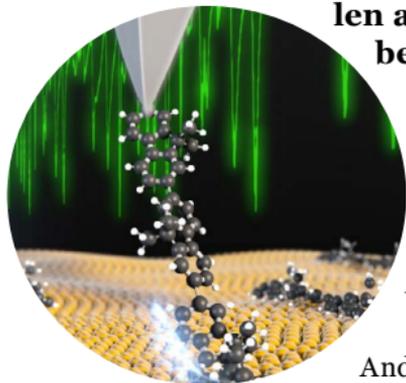
## **Nanobiologinnen und -biologen untersuchen den Stofftransport in und aus dem Zellkern.**

Forschende vom Biozentrum und dem Swiss Nanoscience Institute (SNI) der Universität Basel untersuchen beispielsweise mit Hilfe von Rasterkraftmikroskopen wie der Stofftransport in und aus dem Zellkern erfolgt. Dazu erforschen sie die Kernporenkomplexe in den Membranen, über die der Stofftransport erfolgt. Sie können sogar kleine Filme über die Arbeit der Kernporen drehen.

Mehrere Proteine regeln den Transport von grösseren Molekülen durch die Pore. Das System funktioniert nach der Theorie der Forschenden ähnlich wie eine Drehtür.



## Reibung, neuartige Festplatten und die Anordnung von Molekülen auf Oberflächen sind einige Beispiele der Nanoforschung, bei denen die Rastersondenmikroskope eine Rolle spielen.

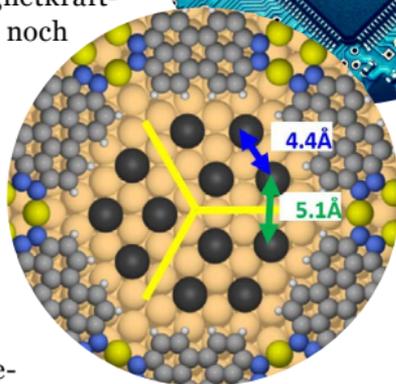
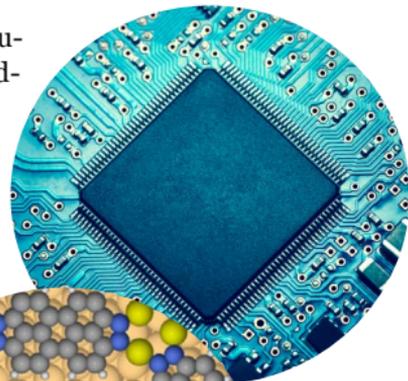


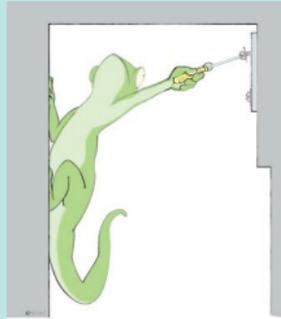
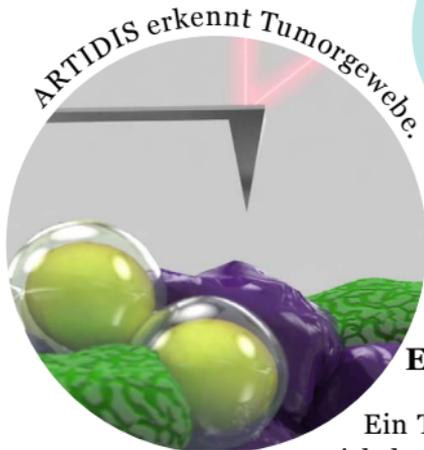
Mit den Rastersondenmikroskopen untersuchen Forschende auch die atomaren Grundlagen der Reibung. Sie können bestimmte Bedingungen simulieren, unter denen Moleküle ohne Reibung aneinander vorbeigleiten.

Andere Teams untersuchen mit Magnetkraftmikroskopen neuartige Festplatten, die noch grössere Datenmengen speichern können.

Weitere Forschungsgruppen am Swiss Nanoscience Institute (SNI) analysieren, wie sich Moleküle und Atome ganz eigenständig auf Oberflächen anordnen. So bilden beispielsweise Xenonatome in winzigen Messbechern Vierer-Einheiten. Die Atome ordnen sich wie von Geisterhand immer nach demselben Muster an.

Neben diesen grundlagenwissenschaftlichen Fragestellungen bearbeiten Forscherinnen und Forscher auch angewandte Projekte aus der Nanowelt mit Hilfe der Rastersondenmikroskope. So fand das Team vom Nano Imaging Lab am SNI im Auftrag einer Firma die Ursache für brechende Blattfedern, die bei der Produktion von Textilbändern eingesetzt werden.





*Die Mikroskope werden laufend weiterentwickelt und können heute noch viel mehr als abbilden.*

### **Ein weiterentwickeltes AFM kann Krebsgewebe ertasten.**

Ein Team vom Biozentrum und SNI hat ein Rasterkraftmikroskop weiterentwickelt, sodass es zur Diagnose von bösartigen Tumoren eingesetzt werden kann.

Die Forschenden haben herausgefunden, dass bösartiges Gewebe im Inneren einen weichen Kern hat. Die Steifigkeit des Gewebes lässt sich mit Hilfe des ARTIDIS genannten Geräts messen. Damit lassen sich Rückschlüsse auf die Bösartigkeit des Tumors ziehen.

Die Mitarbeitenden haben daraufhin die Firma ARTIDIS AG gegründet. Sie entwickeln das Gerät weiter und erzielen vielversprechende Ergebnisse in klinischen Studien.

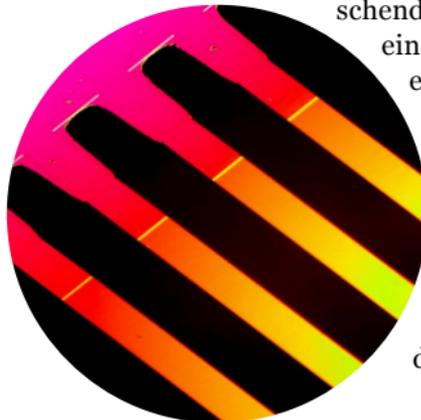
Forschende am Departement Physik und SNI haben ein Magnetresonanzmikroskop (MRI) entwickelt, dem bereits 1000 Atome genügen, um ein Bild der untersuchten Probe zu erzeugen. In der Medizindiagnostik benutzte MRIs benötigen dagegen  $10^{16}$  Atome. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler untersuchen auch den Einsatz von Nanodrähten, die statt der Federbalken eingesetzt werden könnten.

Sie haben verschiedene Vorteile gegenüber den klassischen Federbalken. Die Nanodrähte können elektrisch ausgelesen werden und besitzen eine höhere Empfindlichkeit.



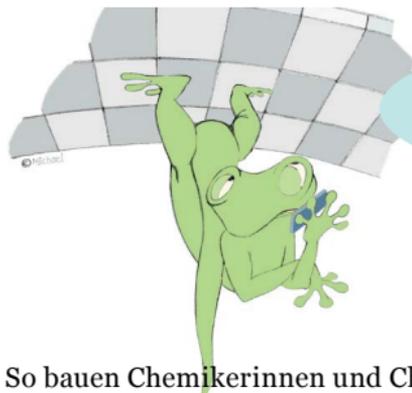
Die winzigen Federbalken aus Rasterkraftmikroskopen können auch zur Diagnostik eingesetzt werden. Dazu werden sie in einer Reihe angeordnet und je nach Einsatzbereich mit unterschiedlichen Molekülen beschichtet. Binden nun spezifische Substanzen an der Oberfläche kommt es zu einer Auslenkung des empfindlichen Federbalkens, die gemessen werden kann. Die Forschenden haben damit

ein sensitives System entwickelt, mit dem beispielsweise verschiedene Atemgase analysiert sowie Proteine, DNA-Abschnitte oder Antikörper nachgewiesen werden können.



**Das Nano-MRI kann bereits aus 1000 Atomen ein Bild erstellen.**

**Federbalken lassen sich in der Diagnostik einsetzen.**



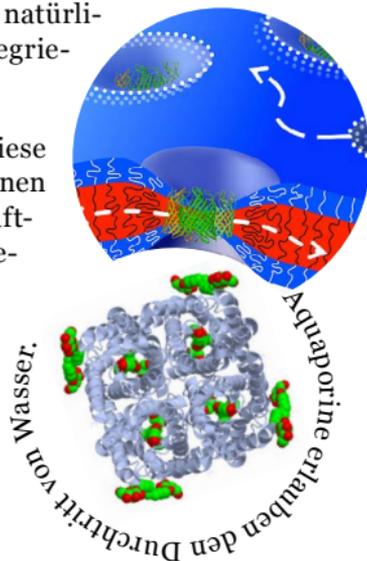
*Für ihre Nanoforschung schauen sich die Forschenden auch 'ne ganze Menge von der Natur ab.*

### **Mit künstlichen Membranen können Forschende Wasser entsalzen und Medikamente verpacken.**

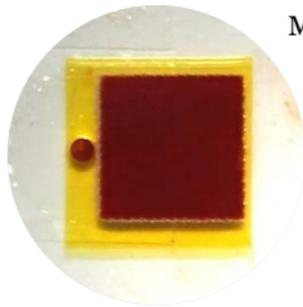
So bauen Chemikerinnen und Chemiker vom SNI und Departement Chemie künstliche Membranen aus Kunststoffen nach. Diese Membranen funktionieren ganz ähnlich wie die der natürlichen Zellen. Die Forschenden können darin natürliche Transportproteine integrieren, die dann immer noch perfekt funktionieren.

Sie setzen beispielsweise Aquaporine in diese künstlichen Membranen ein. Diese in allen Lebewesen vorkommenden Eiweiße ermöglichen in den Zellmembranen den Durchtritt von Wasser, filtern jedoch darin gelöste Salze. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler planen auf diese Weise, eine kostengünstige Methode zur Entsalzung von Trinkwasser anbieten zu können.

Aus künstlichen Membranen lassen sich auch Nanocontainer herstellen. In diesen winzigen Kapseln können Medikamente oder deren Vorstufen verpackt werden, die dann erst am Wirkungsort freigesetzt werden. Damit reduzieren die Forschenden unerwünschte Nebenwirkungen und die eingesetzte Substanzmenge der pharmazeutischen Wirkstoffe.



## Mit Pflanzenfarbstoffen lässt sich Energie gewinnen.



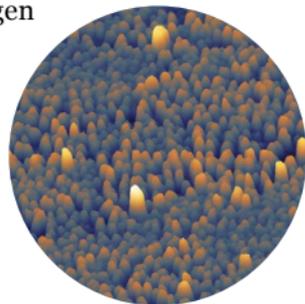
Mit Hilfe verschiedener Farbstoffe wie Chlorophyll oder Carotinoiden sind Pflanzen in der Lage Sonnenenergie effektiv zu nutzen. Forschende testen Farbstoffsolarzellen, bei denen natürliche Pflanzenfarbstoffe zum Einsatz kommen.

Diese Farbstoffsolarzellen sind kostengünstig und umweltverträglich herzustellen. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler vom SNI arbeiten daran die Energieausbeute sowie die Haltbarkeit zu steigern und dann damit eine Alternative zu herkömmlichen Solarzellen bereitstellen zu können.

## Der Lotuseffekt lässt sich auch technisch für verschiedene Anwendungen nutzen.

Wasser- und schmutzabweisende Oberflächen, wie sie in der Natur beispielsweise bei der Lotosblume (*Nelumbo nucifera*) vorkommen, sind auch in technischen Anwendungen erwünscht.

Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler erforschen daher unter anderem Textilien und Anstriche für Wände mit nano- und mikrostrukturierten Oberflächen. Sie untersuchen aber auch Verpackungen, an denen der Inhalt nicht haftet. Nanostrukturierte Materialien für Katheder, künstliche Knochen oder Zahnimplantate, an denen Bakterien sich nicht festsetzen können, sind ebenfalls Untersuchungsobjekte von Forschenden im SNI-Netzwerk.

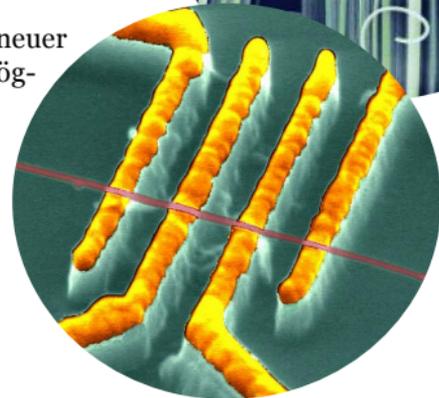




*Die Nanowissenschaften  
haben ganz neue Materialien  
hervorgebracht, die mit  
besonderen Eigenschaften  
ausgestattet sind.*

Kohlenstoff-Nanoröhrchen (CNTs) gehören in diese Gruppe neuer Materialien. Sie sind etwa 50-mal zugfester als Stahl. Der mögliche Einsatzbereich ist gross, da die Kohlenstoff-Nanoröhrchen je nach Herstellungsart unterschiedliche elektrische Eigenschaften haben können.

**Kohlenstoff-Nanoröhrchen sind besonders stabil. Sie können halbleitende oder leitende Eigenschaften haben.**



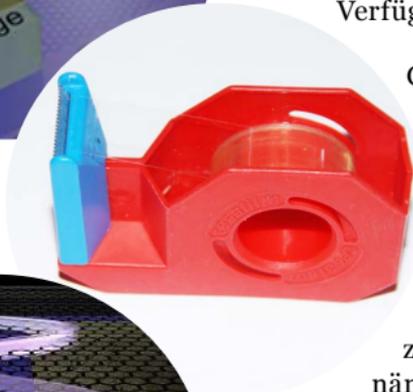
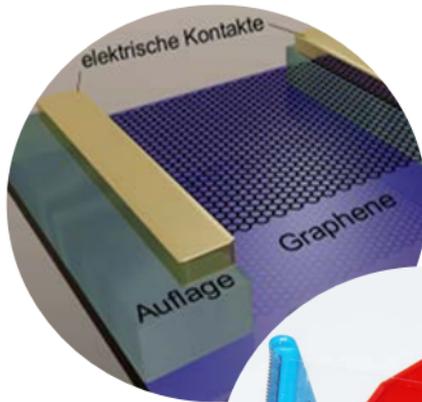
## **Graphen wird aufgrund seiner einzigartigen Eigenschaften oft als Wundermaterial bezeichnet.**

Graphen ist ein weiteres Material, das den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern erst seit Kurzem für ihre Untersuchungen zur Verfügung steht.

Graphen besteht aus einer zweidimensionalen Schicht von Kohlenstoffatomen, die wabenartig angeordnet sind. Es ist ein hervorragender Leiter von Strom und Wärme, 300-mal zugfester als Stahl dabei aber flexibel und transparent.

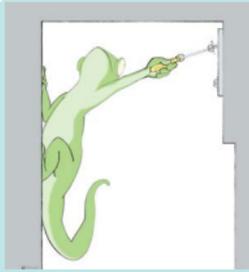
Erst 2004 stellten die beiden Wissenschaftler Konstantin Novoselov und Andre Geim Graphen erstmals her und zwar mit einer erstaunlich einfachen Methode. Sie lösten nämlich diese nur ein Atom dicke Schicht mit transparentem Klebeband von einem Graphitkristall ab. 2010 bekamen sie für diese Entdeckung den Nobelpreis für Physik verliehen.

Heute können nicht nur die dünnen Graphenfolien, sondern auch andere zweidimensionale Materialien im Labor hergestellt werden. Forschende am SNI untersuchen diese neuen Materialien in der Hoffnung Materialkombinationen mit ganz neuen Eigenschaften zu identifizieren.



## In der Nanoelektronik verfolgen Forschende Top-down- und Bottom-up-Ansätze.

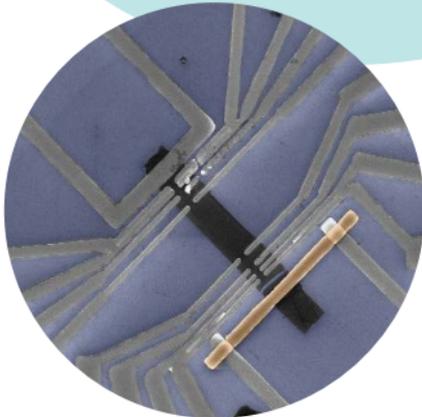
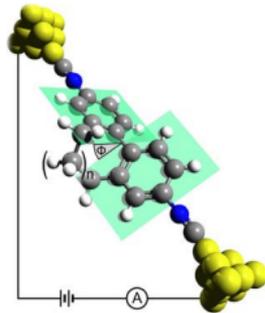
*Aus den Nanowissenschaften entwickeln sich Nanotechnologien.*



Elektronische Elemente werden immer kleiner und schneller. Um das zu erreichen, werden bestehende elektronische Elemente nicht nur verkleinert (top-down), sondern auch neu aus einzelnen Molekülen aufgebaut (bottom-up).

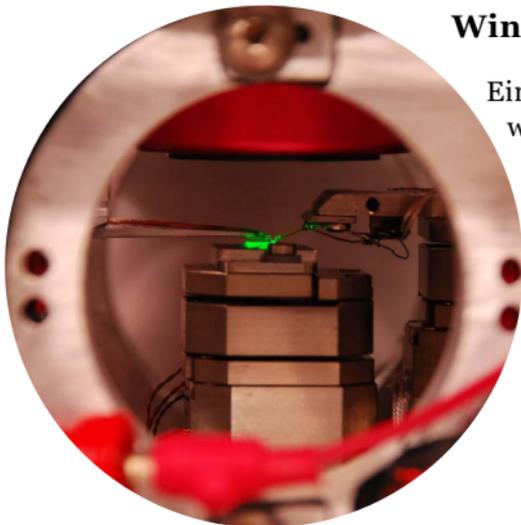
Das hört sich einfach an – ist es aber nicht, da die Arbeit mit einzelnen Molekülen ganz neue Methoden erfordert und auch die besonderen Gesetze der Nanowelt berücksichtigt werden müssen.

Wie in anderen Bereichen der Nanotechnologie arbeiten in der Nanoelektronik verschiedene Gruppen Hand in Hand. Forschende aus der Chemie beispielsweise synthetisieren ganz gezielt neue chemische Verbindungen mit bestimmten Eigenschaften. Physikerinnen und Physiker entwickeln Methoden, um zum Beispiel zu testen, ob sich ein Molekül als elektro-nischer Schalter eignet.



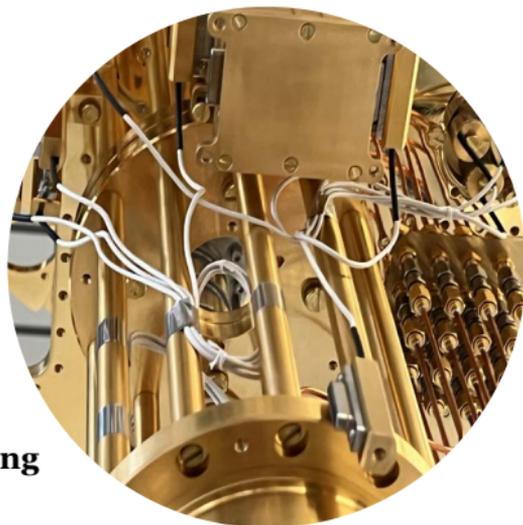
## Winzige Diamanten fungieren als Sensoren.

Ein weiteres spannendes Feld ist die Nanosensorik. Hierbei werden winzige Sensoren für ganz unterschiedliche Anwendungen entwickelt. Ein Team vom SNI beispielsweise arbeitet mit Federbalken aus einkristallinen Diamanten, in deren Kristallgitter ein Kohlenstoffatom durch ein Stickstoffatom ersetzt wurde und gleich daneben eine Leerstelle entstand. In diesen Stickstoffvakanzzentren kreisen einzelne Elektronen, deren Eigendrehimpuls (Spin) sich je nach Auslenkung des Federbalkens ändert und erfassen lässt.



Den Spin einzelner Elektronen ziehen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler auch für die Entwicklung eines Quantencomputers heran. Theoretiker haben dazu vorgeschlagen, künstliche Atome (Quantendots) für die Realisierung eines Quantencomputers zu benutzen. Verschiedene praxisorientierte Gruppen erarbeiten die experimentellen Grundlagen zu dieser Theorie.

**Künstliche Atome könnten ein Weg zur Realisierung des Quantencomputers sein.**



*Es gibt noch viel zu tun!*



**Die Nanotechnologie verspricht in zahlreichen Gebieten Neuerungen und Verbesserungen. Allerdings existieren wie bei anderen Technologien auch Risiken, die ebenso erforscht werden müssen.**

In der Schweiz wurde dazu zwischen 2010 und 2015 das Nationale Forschungsprogramm «Chancen und Risiken von Nanomaterialien» (NFP 64) durchgeführt. Im Rahmen dieses Programms bearbeiteten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler unterschiedliche Projekte, um die wichtigsten Chancen und mögliche Risiken von Produkten auf der Basis künstlicher Nanopartikel besser verstehen zu lernen.

Die durchgeführte Forschung liefert wissenschaftliche Grundlagen für die Formulierung von Empfehlungen und geeigneten Massnahmen bei Herstellung, Gebrauch und Entsorgung von künstlichen Nanopartikeln.

Die EU finanziert zahlreiche Projekte im NanoSafety Cluster, die sich ebenfalls den unterschiedlichen Aspekten der Sicherheit von Nanomaterialien widmen. Verschiedene Institutionen aus der Schweiz wie beispielsweise die Empa sind daran beteiligt.

**Viele Fragen sind noch nicht vollständig geklärt.**

*Wie gelangen Nanopartikel in den menschlichen Körper?*

*Wie werden Nanomaterialien im menschlichen Körper und in der Natur abgebaut?*

*Wie verhalten sich Nanopartikel im menschlichen Körper?*

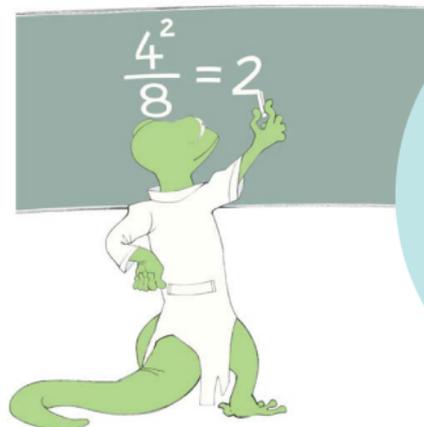
*Wie reagieren Mikroorganismen und Kleinstlebewesen in Gewässern auf Nanopartikel?*



*Was passiert mit Nanopartikeln im Magen-Darm-Trakt?*

*Wie schützen wir uns, wenn wir mit Nanopartikeln arbeiten?*

Viele Untersuchungen deuten darauf hin, dass die verschiedenen Nanomaterialien individuell untersucht werden müssen. So verhält sich ein Quarzsand-Nanopartikel anders als ein Russpartikel.



*Dich interessiert  
das alles?*

*In Basel kannst du  
Nanowissenschaften  
studieren und dich so  
an der Nanoforschung  
beteiligen.*

**Die Universität Basel bietet seit 2002 einen interdisziplinären, praxisorientierten Bachelor- und Masterstudiengang in Nanowissenschaften an.**

Im Bachelorprogramm gibt es zunächst ein breites Angebot an Vorlesungen und Kursen in Biologie, Chemie, Physik und Mathematik. Je nach Interesse können die Studierenden auch in anderen Fächern wie Pharmazie Vorlesungen besuchen.





Schon im Bachelorstudium bekommt jede Studentin und jeder Student einen guten Einblick in die aktuelle Forschung, da sie in Blockkursen in den Labors verschiedener Forschungsgruppen wissenschaftlich arbeiten lernen. Im Rahmen von Exkursionen zu Industrieunternehmen in der Region können dann alle erleben, zu welchen Anwendungen die Forschung führen kann.



Im Masterprogramm absolvieren die Nanostudierenden zwei Projektarbeiten und eine Masterarbeit. Hierbei arbeiten sie sich intensiv in wissenschaftliche Themen ein und sind über einen längeren Zeitraum in verschiedene Forschungsgruppen integriert.



*«Ich studiere Nano, weil ich mich für Bio, Chemie und Physik interessiere und gerne interdisziplinär arbeite.»*



*Ich habe noch eine Menge  
Fragen. Wer kann mir denn da  
weiterhelfen?*

**Verschiedene Arbeitsgruppen im Netzwerk des SNI beschäftigen sich mit den in dieser Broschüre angesprochenen Themen oder forschen an weiteren Gebieten aus der Nanowelt.**

 Prof. Roderick Lim (AFM, Kernporenkomplexe), [roderick.lim@unibas.ch](mailto:roderick.lim@unibas.ch)

 Prof. Ernst Meyer (STM, AFM, Reibung), [ernst.meyer@unibas.ch](mailto:ernst.meyer@unibas.ch)

 Prof. Thomas Jung (Selbstorganisation), [thomas.jung@unibas.ch](mailto:thomas.jung@unibas.ch)

 Prof. Martino Poggio (nano-MRI, Nanodrähte, Nanomagnetismus), [martino.poggio@unibas.ch](mailto:martino.poggio@unibas.ch)

 Prof. Ilaria Zardo (Phononen), [ilaria.zardo@unibas.ch](mailto:ilaria.zardo@unibas.ch)

 Prof. Cornelia Palivan (Nanocontainer, künstliche Membranen), [cornelia.palivan@unibas.ch](mailto:cornelia.palivan@unibas.ch)

 Prof. Jörg Huwyler (Nanocontainer, Gentransfer), [joerg.huwyler@unibas.ch](mailto:joerg.huwyler@unibas.ch)

-  Prof. Christian Schönenberger (zweidimensionale Materialien), [christian.schoenenberger@unibas.ch](mailto:christian.schoenenberger@unibas.ch)
-  Prof. Marcel Mayor (Chemische Synthese), [marcel.mayor@unibas.ch](mailto:marcel.mayor@unibas.ch)
-  Prof. Patrick Maletinsky (Sensorik, Stickstoff-Vakanzzentren), [patrick.maletinsky@unibas.ch](mailto:patrick.maletinsky@unibas.ch)
-  Prof. Daniel Loss (Quantencomputer, Theorie), [daniel.loss@unibas.ch](mailto:daniel.loss@unibas.ch)
-  Prof. Dominik Zumbühl (Quantencomputer, Praxis), [dominik.zumbuhl@unibas.ch](mailto:dominik.zumbuhl@unibas.ch)

**Zum SNI-Netzwerk gehören noch viel mehr Forscherteams. Wenn ihr mehr darüber wissen möchtet oder euch für das Studium interessiert, schaut doch mal unter [www.nanoscience.ch](http://www.nanoscience.ch) oder meldet euch bei einem von uns:**

 Nanowissenschafts-Studium: Dr. Anja Car, [anja.car@unibas.ch](mailto:anja.car@unibas.ch)

 Outreach: Dr. Kerstin Beyer-Hans, [kerstin.beyer-hans@unibas.ch](mailto:kerstin.beyer-hans@unibas.ch)  
und Dr. Michèle Wegmann, [michele.wegman@unibas.ch](mailto:michele.wegman@unibas.ch)  
[outreach-sni@unibas.ch](mailto:outreach-sni@unibas.ch)

 Medien: Dr. Christel Möller, [c.moeller@unibas.ch](mailto:c.moeller@unibas.ch)

 Nano Imaging Lab: Dr. Markus Dürrenberger, [markus.duerrenberger@unibas.ch](mailto:markus.duerrenberger@unibas.ch)  
und Dr. Marcus Wyss, [marcus.wyss@unibas.ch](mailto:marcus.wyss@unibas.ch)

 Nano Fabrication Lab: Dr. Gerard Gadea, [gerard.gadea@unibas.ch](mailto:gerard.gadea@unibas.ch)

*Noch mehr Info gibt's hier:*



Swiss Nanoscience Institute (SNI) – Exzellenzzentrum für Nanowissenschaften und Nanotechnologie in der Nordwestschweiz gegründet vom Kanton Aargau und der Universität Basel:

**[www.nanoscience.ch](http://www.nanoscience.ch)**

**[youtube.com](https://www.youtube.com)** (Stichwort «Swiss Nanoscience Institute»).

Hier findet ihr viele Videos über Forschung und Aktivitäten des SNI. Ausserdem gibt es zahlreiche Anleitungen für Experimente, die ihr zu Hause durchführen könnt.

Partner im Netzwerk des SNI sind:

**[www.unibas.ch](http://www.unibas.ch)**

**[www.psi.ch](http://www.psi.ch)**

**[www.fhnw.ch](http://www.fhnw.ch)**

**[www.anaxam.ch](http://www.anaxam.ch)**

**[www.csem.ch](http://www.csem.ch)**

**[www.bsse.ethz.ch](http://www.bsse.ethz.ch)**

**[www.baselarea.swiss](http://www.baselarea.swiss)**

**[www.hightechzentrum.ch](http://www.hightechzentrum.ch)**

Nanoforschung gibt es unter anderem auch hier:

**[www.empa.ch](http://www.empa.ch)**

**[www.epfl.ch](http://www.epfl.ch)**

**[www.ethz.ch](http://www.ethz.ch)**

**[www.zurich.ibm.com/brnc/](http://www.zurich.ibm.com/brnc/)**

**[www.nfp64.ch](http://www.nfp64.ch)**

**[www.am-institute.ch](http://www.am-institute.ch)**



## Und wer hat die Bilder gemacht?



Seite 1, 2, 3



Seite 1, 2, 3



Seite 4



Seite 5, 8



Seite 9



Seite 9



Seite 11



Seite 11



Seite 11



Seite 12



Seite 12



Seite 13



Seite 14



Seite 15



Michael Gottwald, Heidelberg

Dr. Joachim Köser, FHNW Muttenz

Dr. Christel Möller, SNI

Shutterstock

Prof. Stanislav Gorb, Universität Kiel

Shutterstock

Dr. Christel Möller, SNI

Stefano Schröter, Luzern

Departement Physik, Universität Basel

Dr. Sylwia Nowakowska, Universität Basel

Dr. Aneliia Wäckerlin, Universität Basel

Shutterstock

Dr. Christel Möller, SNI

Dr. Peter Reimann und Nanolab, Universität Basel

Artwork: Immanuel Wagner, Universität Basel

Departement Physik, Universität Basel

Seite 15	
Seite 15	
Seite 16	
Seite 17	
Seite 18	
Seite 18	
	
Seite 19	
Seite 19	
Seite 20	
Seite 20	
Seite 21	 
Seite 22	
Seite 23	
Seite 23, 26, 27	     

Dr. Sylwia Nowakowska, Universität Basel  
Shutterstock

ARTIDIS AG, Basel

Prof. Martino Poggio, SNI Universität Basel

Dr. Hans-Peter Lang, Universität Basel

JenaLib, [jenalib.fli-leibniz.de](http://jenalib.fli-leibniz.de).

Fabian ITEL et al., mit Genehmigung von ACS [pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.nanolett.5b00699](https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.nanolett.5b00699)

Prof. Catherine Housecroft, Universität Basel

Departement Physik, Universität Basel

Prof. Christian Schönenberger, Universität Basel

Prof. Adrian Bachtold, ICFO, Spanien

Dr. Peter Rickaus, Dr. Peter Makk, Universität Basel

Dr. Jelena Trbovic, Universität Basel

Prof. Patrick Maletinsky, Universität Basel

Dr. Christel Möller, SNI

*Nano ist wirklich cool!  
Nur mein Graffiti haftet wegen  
der Nanobeschichtung nicht  
mehr!*





*Was ich mir merken will:*

*Was ich noch fragen möchte:*



*Worüber ich mehr erfahren möchte:*



## Impressum

Konzept: Dr. Christel Möller, Dr. Kerstin  
Beyer-Hans, SNI

Text und Layout: Dr. Christel Möller, SNI

Korrektorat: Claudia Wirth, SNI

Gecko Zeichnungen: Michael Gottwald

Druck: Publikation Digital AG

© Swiss Nanoscience Institute, Juni 2022

**Educating  
Talents**  
since 1460.

Universität Basel  
Petersplatz 1  
Postfach 2148  
4001 Basel  
Schweiz  
[www.unibas.ch](http://www.unibas.ch)

Swiss Nanoscience Institute  
Universität Basel  
Klingelbergstrasse 82  
4056 Basel  
Schweiz  
[www.nanoscience.ch](http://www.nanoscience.ch)