

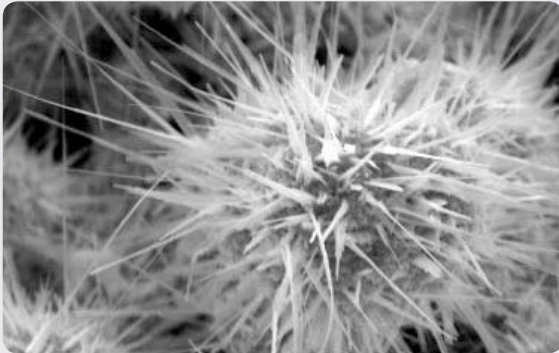


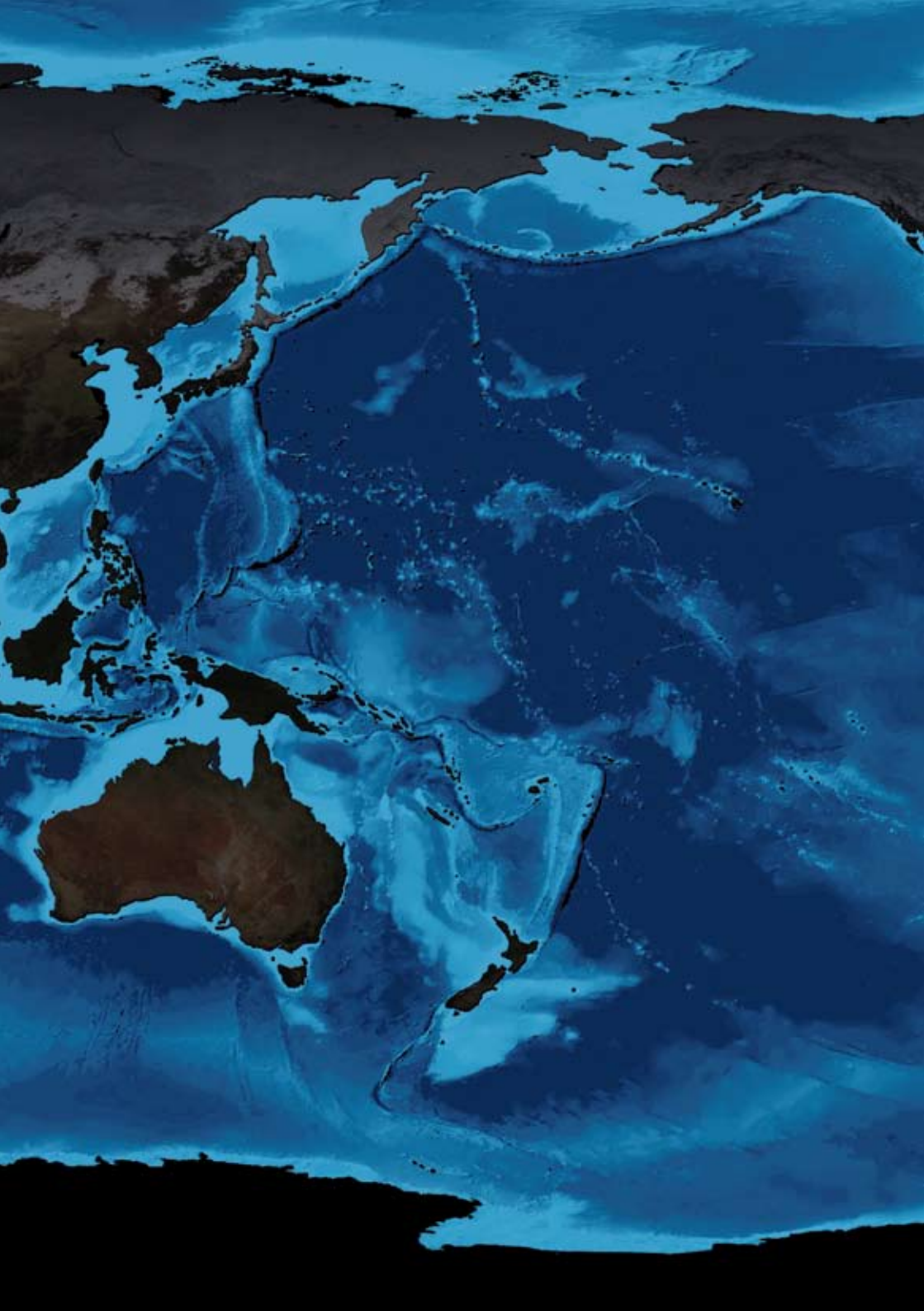
ozean der zukunft
DIE KIELER MEERESWISSENSCHAFTEN

KINDER- UND SCHÜLERUNI KIEL

| Für Schülerinnen und Schüler von 12 bis 16 Jahren

Begleitheft zum Vortrag von Prof. Dr. Rainer Adelung

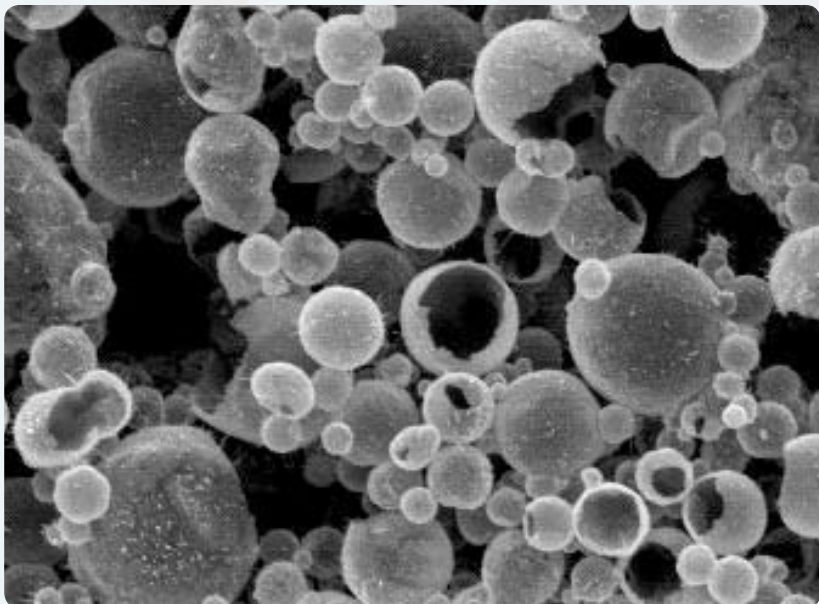




NANOTECHNOLOGIE: GESTERN, HEUTE UND MORGEN

Professor Dr. Rainer Adelung

Technische Fakultät,
Institut für Materialwissenschaft, CAU



Nanoteilchen sind so winzig, dass sie bis auf die Abmessungen von Elementarbausteinen, wie Atome oder Moleküle, hinunterreichen. Sie kommen in modernen Robotern vor oder sind Bestandteile neuer Materialien. Ist Nanotechnologie etwas Neues? Ist sie eine Chance oder eine Gefahr für die Zukunft? Professor Rainer Adelung gibt einen spannenden Einblick in die Welt der ganz kleinen Strukturen, erklärt ihre Entstehung und zeigt, was in Zukunft möglich sein könnte.

NANOTECHNOLOGIE: GESTERN, HEUTE UND MORGEN

Was ist Nanotechnologie?

Was ist Nanotechnologie? Nehmen wir zuerst einmal das Wort auseinander und schauen uns den ersten Teil des Wortes an: Er besteht aus der Vorsilbe: „**nano**“, das kommt aus dem Griechischen und bedeutet „Zwerg“.

Natürlich hat jeder schon etwas von „**nano**“ gehört, man verbindet es mit etwas winzig kleinem. Aber wie klein ist „**nano**“ wirklich? Wir können das folgendermaßen beschreiben: ein **Millimeter** ist ein Tausendstel eines Meters. Ein **Mikrometer** (μ = Zeichen für „**mikro**“) ist wiederum der tausendste Teil eines Millimeters. Zur Orientierung, ein Haar hat etwa die Dicke von 60 μm . Ein **Nanometer** ist nun ein tausendstel **Mikrometer**. Das ist so klein, dass man sich schon im Reich der Atome befindet. Atome sind winzig kleine Teilchen, die Bausteine, aus denen die Materialien zusammengesetzt sind. Eine Goldoberfläche besteht z.B. aus Goldatomen, Glas ist aus Silizium- und Sauerstoffatomen aufgebaut. Je nach Sorte und Gruppierung der Atome, ist ein Nanometer nur etwa 3 bis 8 Atome lang!

In der Nanowelt der Atome verhalten sich die Dinge nicht so, wie wir es gewöhnt sind. Schwerkraft spielt dort kaum eine Rolle, andere Kräfte, die die Atome anziehen und abstoßen wie chemische Bindungen sind hier viel stärker. Auf der Nanoskala gibt es nicht einmal Farbe, was damit zusammenhängt, dass das sichtbare Licht eine so genannte elektromagnetische Welle ist, deren Wellenlänge mehrere hundert Nanometer lang ist. Daher können Objekte im Nanometerbereich das Licht nicht gewöhnlich reflektieren. Farbe wie wir sie kennen, kann somit nicht von einfachen Atomen, sondern nur von großen Ansammlungen von Atomen etwa ab dem Mikrometerbereich entstehen. Die für uns als Bewohner einer Meterskala sonderbarsten Phänomene werden durch die Quantenmechanik beschrieben, die in dieser Größenordnung die entscheidende Rolle spielt. Atome und Elementarteilchen, aus denen wiederum die Atome aufgebaut sind, verhalten sich nicht nur wie Teilchen (Kugeln) sondern auch wie Wellen. Elektronen zum Beispiel, die ja in Bewegung im Metall elektrischen Strom ausmachen, können wie Wasserwellen an Atomen gestreut werden.

Der zweite Teil des Wortes, **Technologie**, lässt sich im Lexikon nachschlagen: Technologie ist eine Gesamtheit von Verfahren zur Produktion von Waren und Dienstleistungen. Also wäre Nanotechnologie die Sammlung von Verfahren zur Produktion auf der Nanoskala – jedoch ist die Definition heute noch nicht genau festgelegt, häufig ist Nanotechnologie als Technik unterhalb von 100 nm mit besonderen aus der Größe entstehenden Eigenschaften, wie z.B. Quantenmechanik, gemeint.

Forschung und Werkzeuge auf der Nanoskala

Bei diesen kleinen Abmessungen stößt man auf vielfältige Probleme. Allein schon Objekte aus der Nanoskala abzubilden ist nicht ganz einfach, da sie ja Licht nicht normal reflektieren. Typischerweise benötigt man für die Darstellung von Nanoobjekten ein Vakuum, also die Abwesenheit von Gasatomen, die sich sonst auf den zu untersuchenden nanoskopischen Proben niederschlagen können. Eine Möglichkeit der Abbildung ist durch die Nutzung eines **Elektronenmikroskopes** gegeben, bei dem statt Licht Elektronen von der zu untersuchenden Probe gestreut werden. Der Strom der Elektronen wird gemessen und in ein Graustufenbild gewandelt. Die Abbildung 1 zeigt verschiedene Elektronenmikroskope.



Abb. 1: Links das erste Elektronmikroskop vom Erfinder Ernst Ruska, rechts ein modernes aus dem Kieler Nanolabor.

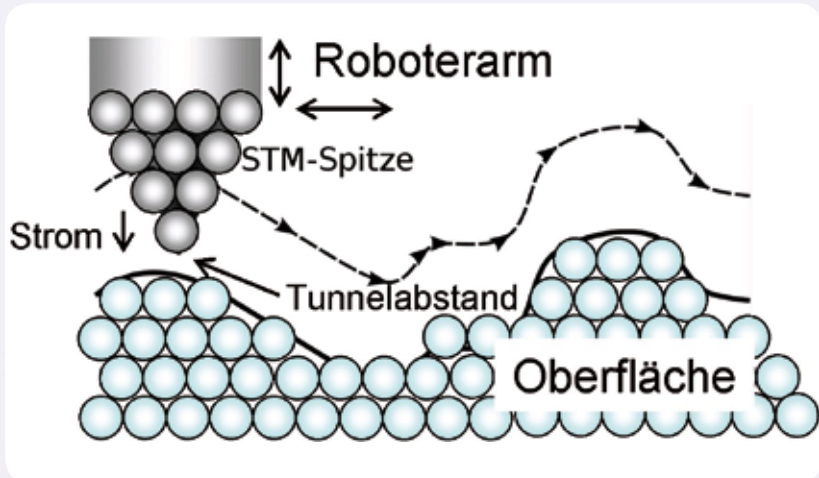


Abb. 2: Funktionsweise eines Rastertunnelmikroskops.

Ein weiteres Instrument, das **Rastertunnelmikroskop**, wurde 1981 von Binning und Rohrer erfunden. Dafür haben beide, zusammen mit dem Erfinder des Elektronenmikroskopes Ernst Ruska, 1986 den Nobelpreis bekommen. Dieses Rastertunnelmikroskop besteht aus einer sehr scharfen Spitze, an deren Ende nur ein Atom sitzt, die im Abstand von wenigen Nanometern über der Oberfläche leitfähiger Objekte computergesteuert mit einem Roboterarm geführt werden kann, wie die Skizze in Abbildung 2 zeigt.

Dieser winzige Abstand zwischen Spitze und Probenoberfläche kann kontrolliert werden, und zwar über elektrischen Strom. Dies liegt an einer der ungewöhnlichen Seltsamkeiten der Quantenmechanik: Obwohl die Spitze die Oberfläche nicht berührt, der Stromkreis also nicht geschlossen ist, können Elektronen von der Spitze in die Probenoberfläche fließen, man spricht hier von Tunneln. Dieser sogenannte **Tunneleffekt**, die Überwindung von Barrieren, die klassisch nicht überwunden werden können, ist sehr stark abstandsabhängig. Sobald man die Entfernung vergrößert, nimmt der Strom stark ab. Mit Hilfe eines Computers kann nun ein Bild

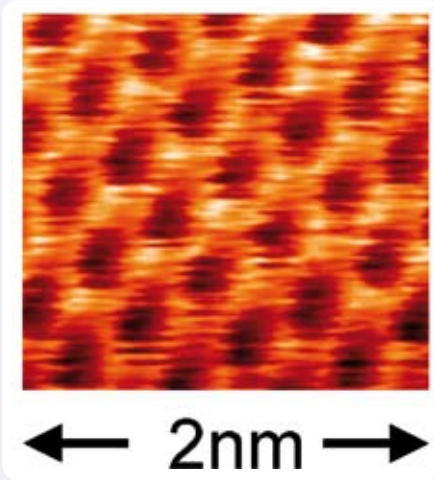


Abb. 3: Die Oberfläche von Graphit (reiner Kohlenstoff, beispielsweise verwendet als Bleistiftmine), aufgenommen mit dem Rastertunnelmikroskop. Man erkennt deutlich ein regelmäßiges Lochmuster, aufgebaut aus Kohlenstoffatomen.

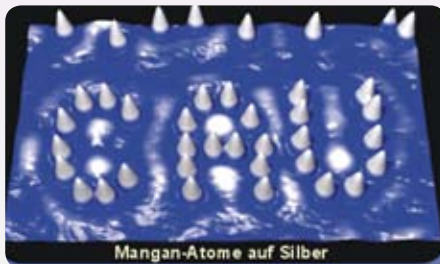


Abb. 4: Der Schriftdruck der Christian-Albrechts-Universität (CAU), „geschrieben“ mit der Spitze eines Tunnelmikroskopes.

aufgenommen werden. Abbildung 3 zeigt beispielsweise die Oberfläche von Graphit, das regelmäßige Lochmuster ist aus Kohlenstoffatomen aufgebaut.

Ein Tunnelmikroskop kann aber noch mehr, man kann mit der Spitze einzelne Atome auf der Oberfläche verschieben und so neu anordnen. Der Schriftdruck der Christian-Albrechts-Universität (CAU) in Abbildung 4 ist in der Arbeitsgruppe von Prof. Richard Berndt (Institut für Experimentelle und Angewandte Physik) aus einzelnen Manganatomen gefertigt und zeigt die große Vielseitigkeit des Tunnelmikroskopes. Mit kleineren Buchstaben kann man nicht mehr schreiben! In der Arbeitsgruppe von Prof. Berndt wird es unter anderem dazu verwendet, grundlegende quantenmechanische Zusammenhänge zu ergründen. Zum Beispiel zeigen die Wellen um die Buchstaben herum den wellenartigen Charakter der Elektronen.

Viele Forscher versuchen zu verstehen, **ob man winzige Maschinen wie Roboter auf der Nanoskala bauen kann** –

erste Erfolge sind z.B. Zahnräder und Moleküle, die wie Achsen aufgebaut sind und sich drehen können. Diese Experimente sind im Vakuum der Tunnelmikroskope aber sehr aufwendig, auch das Zusammenbauen solcher Strukturen Atom für Atom wäre zu schwierig. Hierbei würde es sich dann aber um Technologie handeln – ein solcher Roboter wäre also **Nanotechnologie**.

Ob man solche Roboter auf diese Weise künstlich herstellen kann, wird sich in der Zukunft zeigen. Eigentlich gibt es solche Art von Robotern aber schon ganz lange, nämlich in der Natur und in jedem von uns, z.B. als **Motorproteine**. Diese Motorproteine werden in unseren Körperzellen zum Transport von verschiedenen biologischen Stoffen verwendet. Es gibt sie schon seit fernster Vergangenheit. Die Entstehung von Motorproteinen wird auf einen Zeitraum vor etwa 4 Milliarden Jahren geschätzt!

Seit wann gibt es Nanotechnologie?

Im Laufe der Evolution sind Motorproteine als wichtige Bestandteile von Zellen entstanden. Motorproteine haben alles, was für einen Transportroboter notwendig ist. Sie funktionieren in der Flüssigkeit unseres Körpers und bewegen sich auf bestimmten Schienen in den Zellen, siehe Abbildung 5. Andere Moleküle, sogenanntes ATP, dienen ihm als Treibstoff, so wie ein Auto mit Benzin fährt.

Natürlich kann man am Motorprotein nicht den Startpunkt der Nanotechnologie festmachen, hier hat ja die Natur etwas erschaffen und nicht der Mensch. Sie zeigen aber, welche Technologien die Natur auf der Nanoskala beherrscht um uns am Laufen zu halten. Umgekehrt versteht man, wie wichtig das Verständnis von Nanotechnologie auch für die Medizin ist.

In der Tat verwendeten schon die alten Ägypter nanofeine Rußteilchen für ihre Tinten, oder die alten Römer Keramiken, die Nanoteilchen enthielten um sie besonders wasserabweisend zu machen. Auch im Mittelalter wurde Nanotechnologie schon angewendet, die leuchtend roten Kirchenfenster bestehen aus feinen Gold-Nanopartikeln. Da Nanopartikel das Licht nicht normal reflektieren, kommt es hier zu einer roten und nicht zu einer

goldenen Farbe. Weil die Nanopartikel viel kleiner als die elektromagnetische Welle Licht sind, kann die Lichtwelle die Elektronen im Gold zu Schwingungen anregen. Diese Schwingungen sind bei einer besonderen Wellenlänge des Lichtes sehr stark ausgebildet, abhängig von der Größe der Teilchen. Da die Wellenlänge des Lichtes über seine Farbe entscheidet, erscheinen die Gold-Nanoteilchen rot. Um solche Gold-Nanopartikel herzustellen, hatten die **Alchemisten** beim Experimentieren herausgefunden, wie man Gold mit Königswasser auflösen kann und als Nanoteilchen durch Zugabe von Zitronensaft und Ethanol wieder gewinnt.

Ist das schon Nanotechnologie? Hierüber kann man streiten, da es sich aber um ein unbewusstes Verwenden von Nanoeffekten handelt, ist

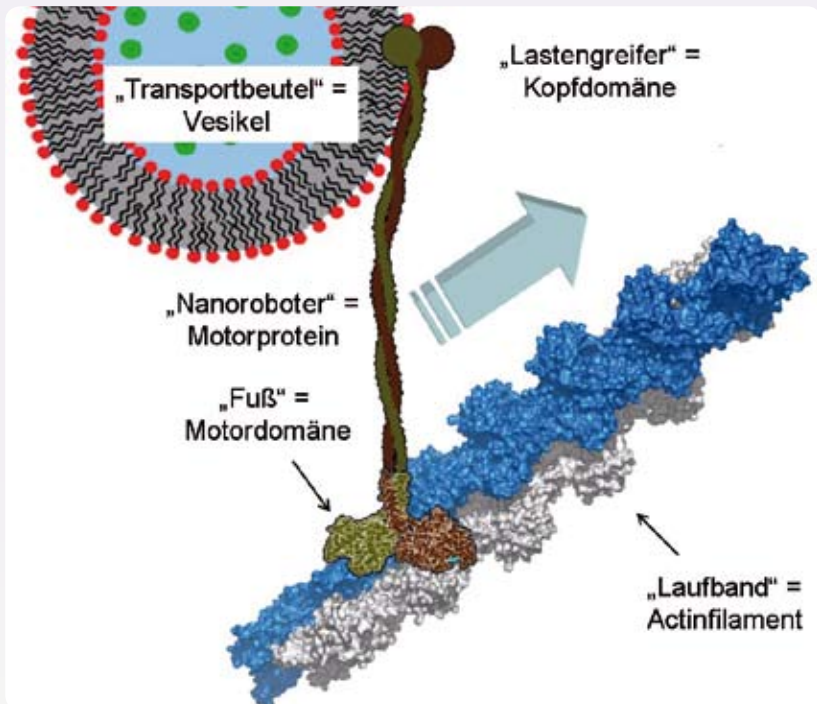


Abb. 5: Motorproteine werden in der Natur schon lange verwendet.

das wohl eher noch keine Nanotechnologie. Weder Ägypter, Römer noch mittelalterliche Alchemisten wollten ja bewusst Nanotechnik nutzen oder kannten sie überhaupt. Deswegen machen viele den **Startpunkt der Nanotechnologie** an einer Tischrede des Nobelpreisträgers Richard Feynman vom 29. Dezember 1959 fest, der als Vater der Nanotechnologie gilt.

Da ist eine Menge Platz am unteren Ende! - „There’s plenty of room at the bottom“

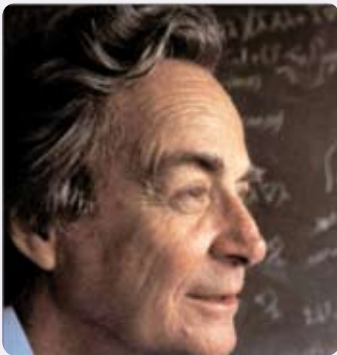


Abb. 6: Richard Feynman

Das ist der Titel der berühmten Tischrede von Richard Feynman (siehe Foto Abbildung 6), bei der er seine Phantasie spielen ließ, worin die Schwierigkeiten liegen würden auf der Nanoskala Materialien zu bearbeiten. Bemerkenswerterweise hielt er sie schon im Dezember 1959, also weit vor dem Zeitalter der Computerminiaturisierung. Er fragte zum Beispiel, warum es nicht möglich sein sollte, ein ganzes Lexikon wie in einem Mikrofilm soweit zu verkleinern, dass es auf die Größe eines Stecknadelkopfes passen sollte. Wir haben gesehen, dass es mit dem Tunnelmi-

kroskop noch kleiner geht, wobei es sicherlich unpraktisch ist, eine Schrift so winzig klein zu schreiben, da man sie ja dann nur im Rastertunnelmikroskop lesen kann. Heutzutage ist es im Zeitalter der Computertechnologie tatsächlich möglich, riesige Datenmengen wie ein Lexikon bequem in den Speicherchips eines Computers zu speichern und wieder zu überschreiben. Auf modernen Computerspeichern kann man sogar die Literatur ganzer Bibliotheken oder die Filme von Videotheken in kürzester Zeit laden. Warum kann man eigentlich so viel speichern? Weil Computerchips aus extrem kleinen Bauteilen aufgebaut sind, die heute auf der Nanoskala liegen. Dies hat Feynman auch in seiner Rede gefordert: Computer, in denen die Drähte nur 10 bis 100 Atome Durchmesser haben.

Winzig kleine Computerchips – nanoskopisch klein

Die Verkleinerung von Mikrochips ist soweit angelangt, dass wir heute in unseren Computerprozessoren nanoskopische, also winzig kleine Abmessungen von Bauelementen haben. Dabei hat man die Technologie zur Herstellung seit etwa 1970 so weit vorangetrieben, dass man eine Verdopplung aller Transistoren (elektronische Schalter) alle 1,5 Jahre vorliegen hat. So wurden aus etwa 2000 Transistoren 1970 nun etwa zwei Milliarden. Aus den Materialien werden mittels verbesserten bekannten Techniken aus der Milli- und Mikroskala Nanostrukturen hergestellt, die so weiterentwickelt werden, dass sie bis auf den Nanometerbereich vorstoßen. Im Falle der Mikrochips im Computer ist dies die **Fotolithographie**, siehe Abbildung 7.

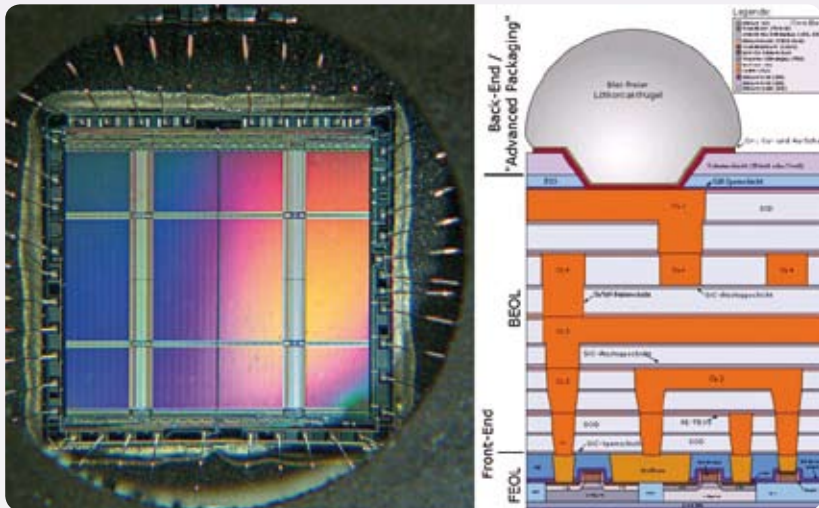


Abb. 7: Bei der Fotolithographie können durch Belichtung und Wegätzen belichteter Strukturen sehr genau die notwendigen Formen für die Transistoren und Zuleitungen hergestellt werden, was sehr komplex werden kann.

Allerdings ist eine Fabrik, die solche Computerchips herstellt, unglaublich teuer, sie kostet etwa eine Milliarde Euro! Verfahren wie die der Fotolithographie, bei denen man vom Großen ins Kleine arbeitet, werden "top down" (= von oben nach unten) Verfahren genannt.

Die Drähte auf diesen Computerchips aktueller Generation sind so klein, dass die Abmessungen nur noch 30 Nanometer betragen. Solche kleinen Kabel verhalten sich dann ganz anders. Bei einem normalen Draht ist es egal, in welcher Umgebung er ist, seine Leitfähigkeit ist immer die gleiche. Ob er beispielsweise in einer Wand eingemauert ist oder nicht spielt keine Rolle (Wenn er nicht kurzgeschlossen wird...). Beim Nanodraht ist das nicht so, er spürt seine Umgebung! Dies kann man sich einfach vorstellen, wenn ein extremer Nanodraht als Beispiel genommen wird, der nur noch aus einer Kette von einzelnen Atomen besteht. Atome wechselwirken aber mit ihrer Umgebung und das beeinflusst den Stromfluss durch sie durch. Gas- oder Flüssigkeitsmoleküle, die den Nanodraht umgeben, verändern seine Leitfähigkeit, sie können als Sensor dienen. Für die Leitfähigkeit eines normalen Drahtes ist die nicht interessant, da es eine riesige Menge von Atomen in seinem Inneren gibt, die nichts von der Umgebung merken. Ein extremer Nanodraht als Kette aus Atomen hat ja aber gar keine Atome in seinem Inneren.

Damit man für solche Sensoren nicht eine so teure Fabrik braucht, werden andere Methoden zur Herstellung von Nanostrukturen verwendet. Dort gibt es ganz vielfältige Verfahren, die alle gemeinsam haben, dass die Strukturen Atom für Atom oder Molekül für Molekül zusammengesetzt werden, sogenannte „Bottom up“ Verfahren, also von unten nach oben. Durch Ausnützen bestimmter Effekte ist es so einfacher, Nanostrukturen herzustellen. Man hat allerdings häufig keine Möglichkeit, die Präzision, die für Mikrochips erforderlich ist, zu erreichen.

Ein Beispiel für eine Bottom up-Technik ist auch die Herstellung der roten Gold Nanopartikel.

Forschung für die Nanotechnologie in Kiel

Auch und gerade an der Universität in Kiel gibt es zahlreiche Arbeitsgruppen, die sich mit der Forschung zu Nanotechnologie und Nanowissenschaft

befassen. Dazu gibt es große Verbunde von Forschern die gemeinsam an einem Thema forschen wie der Sonderforschungsbereich „Funktion durch Schalten“, in dem Moleküle als Schalter verwendet werden oder „Bio-magnetische Schnittstellen der Zukunft“, bei dem extrem empfindliche Magnetfeldsensoren hergestellt werden sollen, die sogar die kleinen Magnetfelder, die von Gehirnströmen ausgelöst werden, messen können. Ein paar aktuelle Beispiele aus einer der Arbeitsgruppen, der Arbeitsgruppe funktionale Nanomaterialien, zeigt die vielseitigen Anwendungsmöglichkeiten, die sich aus der Nanotechnologie ergeben:

Ultrahydrophile (= „Superwasseranziehende“) Oberflächen für Antifouling:

Einige der in Abbildung 8 gezeigten Strukturen sind in Kiel entstanden und werden zusammen mit einer Firma in Schleswig-Holstein, „nanoproofed“, auf Schiffsoberflächen aufgebracht. Wozu das? Eine Oberfläche eines Schiffes ist normalerweise ein idealer Siedlungsraum für Algen, Seepocken, Miesmuscheln und alles andere, was unter Wasser so wächst. Wird

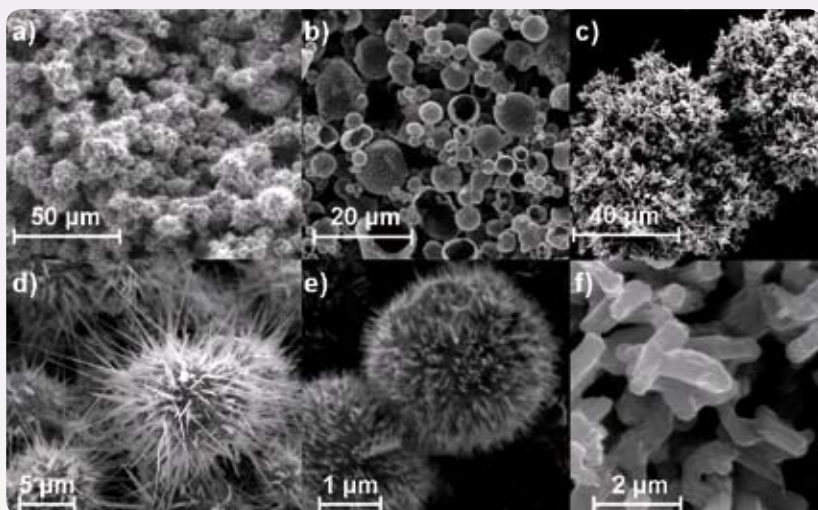


Abb. 8: Verschiedene Mikrostrukturen mit Nanospitzen.

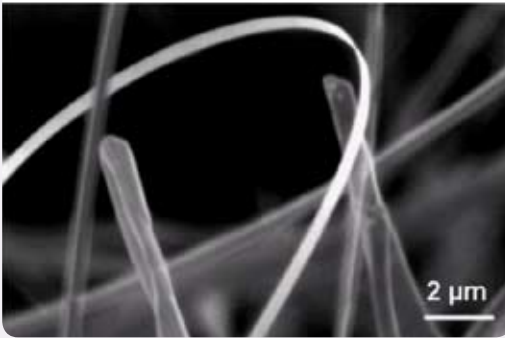
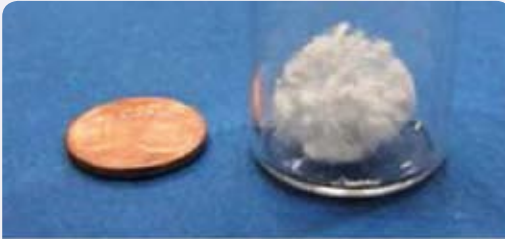


Abb. 9: Oben: Glas mit einer Keramikflocke, die sich gut verformen lässt, obwohl Keramik sonst sehr brüchig ist. Das Geheimnis zeigt das untere Bild in der Elektronenmikroskopieaufnahme: Ein Draht aus Zinndioxyd ist normalerweise so brüchig wie Glas, aber weil er so dünn ist, lässt er sich biegen.

diese Besiedlung nicht verhindert, entsteht eine Bioschicht wie ein dicker Pelz, der das Schiff umgibt. Eine solche Schicht erhöht natürlich stark den Treibstoffverbrauch des Schiffes, man stelle sich vor, man solle im Pelzmantel schwimmen. Die gezeigte Schicht verhindert auf verschiedenste Arten den Bewuchs, was mit ihren nanoskaligen Eigenschaften zu tun hat. Einen solchen Bewuchshemmer nennt man Antifouling. Die Oberfläche ist z.B. extrem wasseranziehend, so dass Algen einfach unterspült werden, zudem sind die kleinen Nadeln sehr flexibel, so dass sie sich im Wasser hin und her bewegen können und so den bewachsenen Strukturen keinen Halt bieten können - und sie vergraulen mögliche Oberflächenbewohner. Ihre Nano- und Mikrorauigkeit verhindert auch die Anhaftung größerer Bewohner, man stelle sich vor, man soll auf einem Nadelkissen Platz finden. Ein wesentlicher Vorteil dieser Schicht ist ihre gute Umweltverträglichkeit, früher wurde ein stark giftiger Stoff (das Tributylzinn) verwendet, um Bewuchs zu verhindern.

Flexible Keramik:

Je kleiner eine Struktur wird, desto biegsamer ist sie. In Abbildung 9 kann man das sehen, ein Nanodraht ist zu einer Schleife geformt.

Man kann sich das so vorstellen: eine Glasscheibe bricht wenn sie gebogen wird. Eine viel dünnere Glasfaser ist aber flexibel. Das hängt einfach mit den auftretenden Spannungen zusammen, die durch die Dicke eines Materials auftreten. Biege ich ein Blatt Papier, so ist das ganz einfach. Wenn man einen Stapel zusammengeklebten Papiers biegen soll, werden die Blätter auf der Oberseite starken Zugbelastungen, die auf der Unterseite starken Druckbelastungen ausgesetzt.

Wasserstrahlreflexion, der extreme Lotuseffekt:

Wenn eine Oberfläche sehr rau ist, ist sie entweder sehr wasseranziehend, so wie die oben gezeigte Schicht, oder sehr wasserabweisend. Das kann soweit gehen, dass die Schichten sogar Wasserstrahlen reflektieren können! Abbildung 10 zeigt eine solche Wasserstrahlreflexion.

Der „wasserabweisende Trick“ bei den nanoskalig rauen Oberflächen beruht auf der Vergrößerung der Tropfenoberfläche. Die sogenannte **Oberflächenspannung** sorgt dafür, dass ein Tropfen immer in einer runden Form gehalten wird. Die Tropfenoberfläche wird vergrößert, wenn man einen Tropfen auf eine nanostrukturierte Oberfläche drückt, daher drückt der Tropfen wegen der Obeflächenspannung zurück. Ein auf die nanoraue



Abb. 10: *Nanooberflächen können so extrem wasserabweisend sein, dass sie sogar Wasserstrahlen reflektieren (Wasser bewegt sich in Pfeilrichtung).*

Oberfläche auftretender Wasserstrahl **reagiert wie ein Flummi**, der gegen die Wand geworfen wird: er verformt sich und stößt sich selbst wieder von der Oberfläche ab. Übrigens gibt es auch nanorauhe natürliche Oberflächen, wie die der Kapuzinerkresse, die ebenfalls Wasserstrahlen reflektieren kann. Man kann das **Wasserstrahlexperiment** damit selber ausprobieren oder die „Flummieigenschaft“ von Wassertropfen anschauen. Ein interessanter Versuch ist auch, einen Tropfen zwischen zwei Blättern einzuquetschen – lässt man ihn los, schnellert er wieder zurück. Umgekehrt nutzt ein Wasserläufer auf einem Teich dieses Prinzip, um sich über Wasser zu halten. Die Pflanzen benötigen diesen Effekt, um sich beim Regenschauer selbst zu reinigen, er wird auch **Lotuseffekt** genannt.

Nanodrahtsensoren:

Das obige Beispiel des Nanodrahtsensors wird auch in der Arbeitsgruppe funktionale Nanomaterialien verfolgt. Dazu werden Drähte mit sehr kleinen Durchmessern (unter 20 Nanometern) hergestellt. Im Kieler Nanolabor werden dazu Formen für die Herstellung der Mikrodrähte, die die späteren Nanodrähte kontaktieren sollen, hergestellt. Um die Nanodrähte herzustellen, wird ein Trick verwendet: Risse (siehe Abbildung 11).

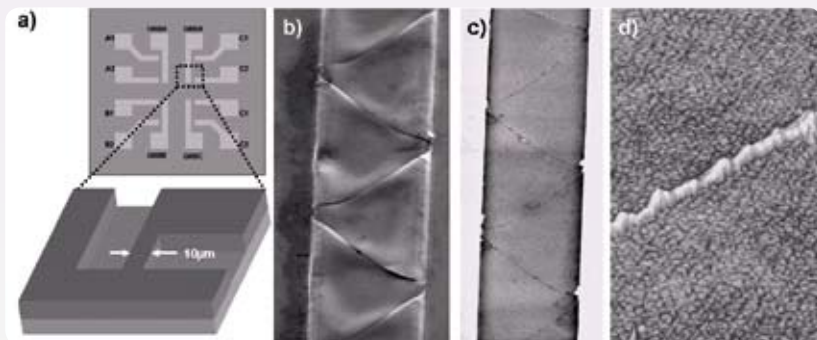


Abb. 11: Die Risse in der Oberfläche werden extra hergestellt. Sie werden mit Metall ausgefüllt, so entsteht ein Nanodraht.

Die im Kieler Nanolabor hergestellte Oberfläche wird durch starkes Abkühlen mit Rissen versehen, die in regelmäßigen Mustern verlaufen. Wird nun der Riss und die sie umgebende Form mit Metall aufgefüllt, hier Palladium, ist ein Sensor aus Nanodraht mitsamt Kontakten fertiggestellt. Abbildung 12 zeigt die Reaktion des Sensors auf Wasserstoff: Der Widerstand verringert sich.

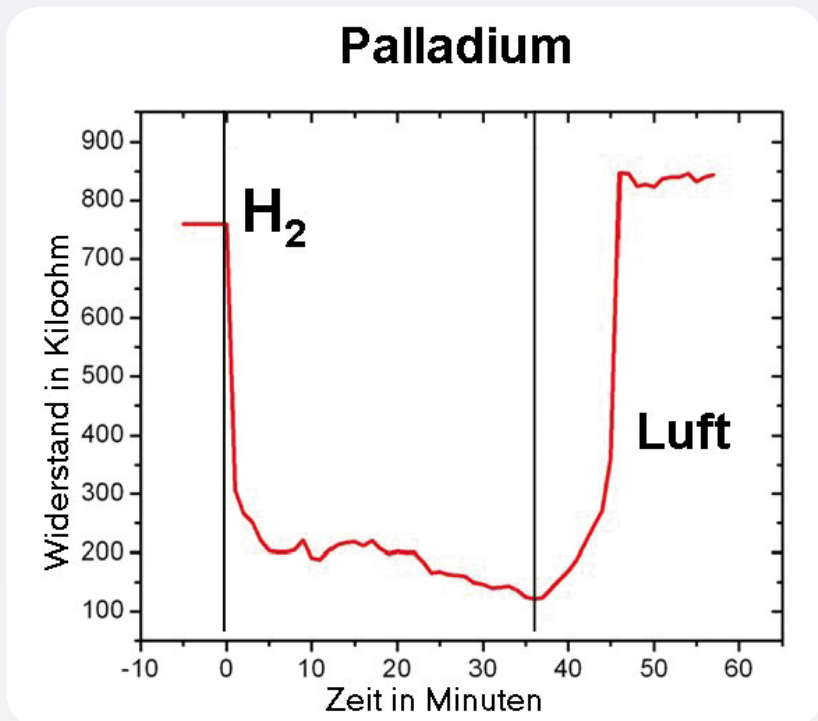


Abb. 12: Verlauf eines Empfindlichkeitsversuches: Wird der Nanodraht aus Abbildung 11 mit Wasserstoff in Berührung gebracht, verringert sich sofort sein elektrischer Widerstand, bei normaler Raumluft steigt der Widerstand wieder an.

Dies waren nur einige Beispiele für die Nanotechnologie, weitere wichtige Beispiele sind aus der Medizin, wo neuartig wirkende Medikamente oder Virusfallen konstruiert werden, oder aber Batterien durch Nanotechnologie verbessert werden können.

Ist Nanotechnologie gut oder schlecht?

Die oben genannten Beispiele haben alle eine positive Anwendung von Nanotechnologie zum Ziel – aber auf der anderen Seite, kann Nanotechnologie auch schlecht sein. Wie in der Chemie ist es wichtig, die Wirkungen von Nanostrukturen genau zu studieren. Prominentestes Beispiel sind hier vielleicht die Nanopartikel. Es ist bekannt, dass sie sogar die Blut-Hirn-Schranke überwinden können. Dies ist eine Schranke für beispielsweise Krankheitserreger, die dem Schutz des Gehirns aller Wirbeltiere und des Menschen dient. Das Überwinden dieser Blut-Gehirn-Schranke durch Nanopartikel kann gut sein, um z.B. Medikamente in das Gehirn einzuschleusen, kann aber auch schlecht sein, wenn z.B. bei einer Anwendung Nanopartikel entstehen, die ungewollt ins Gehirn gelangen. Ein wichtiger Zweig der Nanotechnologie-Forschung ist es daher, die Wirkungen dieser neuen Technologie für Mensch und Umwelt zu verstehen. Es ist in etwa wie beim Pilze sammeln - es gibt wohlschmeckende, gesunde, es gibt aber auch extrem giftige.

Die Zukunft der Nanotechnologie

Nachdem wir schon einige zukunftsweisende Beispiele für Nanotechnologie kennen gelernt haben und genauer verstehen, was Nanotechnologie ist, könnte man sich vielleicht an eine Prognose wagen. Zunächst spielt Nanotechnologie in vielen Forschungsrichtungen eine wichtige, unterstützende Rolle, Nanotechnologie ist eine ermöglichende Technologie. Immer mehr Prinzipien, die in Forschung und Wissenschaft erkannt werden, können in Produkten umgesetzt werden. Seien es einfache Beispiele wie leicht zu reinigende Oberflächen oder kompliziertere wie in der Energietechnik, für Solarzellen oder Batterien. Eine sicherlich zukunftsweisende Richtung ist die Nanomedizin. Schon Richard Feynman träumte in seiner oben ge-

nannten Tischrede von einem „Arzt, den man Schlucken kann“ als eine Art medizinischem Roboter, der im Körper agiert und so Krankheiten wie Krebs durch das Ausschalten von wuchernden Zellen vor Ort bekämpft. Zunächst kann es sich hier um einfache Beispiele wie die der Virusfallen handeln. Das sind Mikropartikel mit nanostrukturierten Oberflächen, an denen Viren haften bleiben oder nanoskalig strukturierte Medikamente, die sich zur richtigen Zeit am richtigen Ort gut auflösen können. An der Universität Kiel wird daher versucht einen weiteren Schwerpunkt in dieser Richtung aufzubauen.

Wie wird man Nanowissenschaftler oder Nanowissenschaftlerin und welche Voraussetzungen gibt es?

Entscheidend ist, dass man großes Interesse hat herauszufinden, wie eine Sache genau funktioniert. In der Schule sollte man sich also für die Fächer der Naturwissenschaften (Chemie, Physik, Biologie) und Mathematik interessieren. Gut Englisch zu sprechen ist von Vorteil, denn Englisch ist die Sprache, mit der sich Forscher aus aller Welt unterhalten und ihr Wissen miteinander teilen. Man kann seine Sprachfähigkeiten aber auch im Laufe des Studiums verbessern.

Berufsberatung Nanowissenschaftler/in

Für die Ausbildung zum Nanowissenschaftler ist die Universität Kiel eine sehr gute Adresse, da die Erforschung der Nanowissenschaften / Oberflächenforschung einer der Schwerpunkte der Kieler Universität ist. Zulassungsvoraussetzung, um an die Universität gehen zu können, ist das Abitur (allgemeine Hochschulreife) oder die fachgebundene Hochschulreife. Viele Nanowissenschaftler haben Physik oder Chemie studiert und sich auf Materialwissenschaften oder Elektrotechnik spezialisiert. Beides sind Ingenieurwissenschaftliche Studienfächer an der technischen Fakultät der Uni Kiel. Man kann auch als Mediziner oder Biologe im Bereich der Nanowissenschaften arbeiten.



| Prof. Dr. Rainer Adelong

Technische Fakultät, Institut für Materialwissenschaft, Christian-Albrechts-Universität Kiel

ra@tf.uni-kiel.de

Abbildungsnachweis:

– Abbildung 1:

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/1f/Ernst_Ruska_Electron_Microscope_-_Deutsches_Museum_-_Munich-edit.jpg

– Abbildung 6:

<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/6/6e/FeynmanLecturesOnPhysics.jpg>

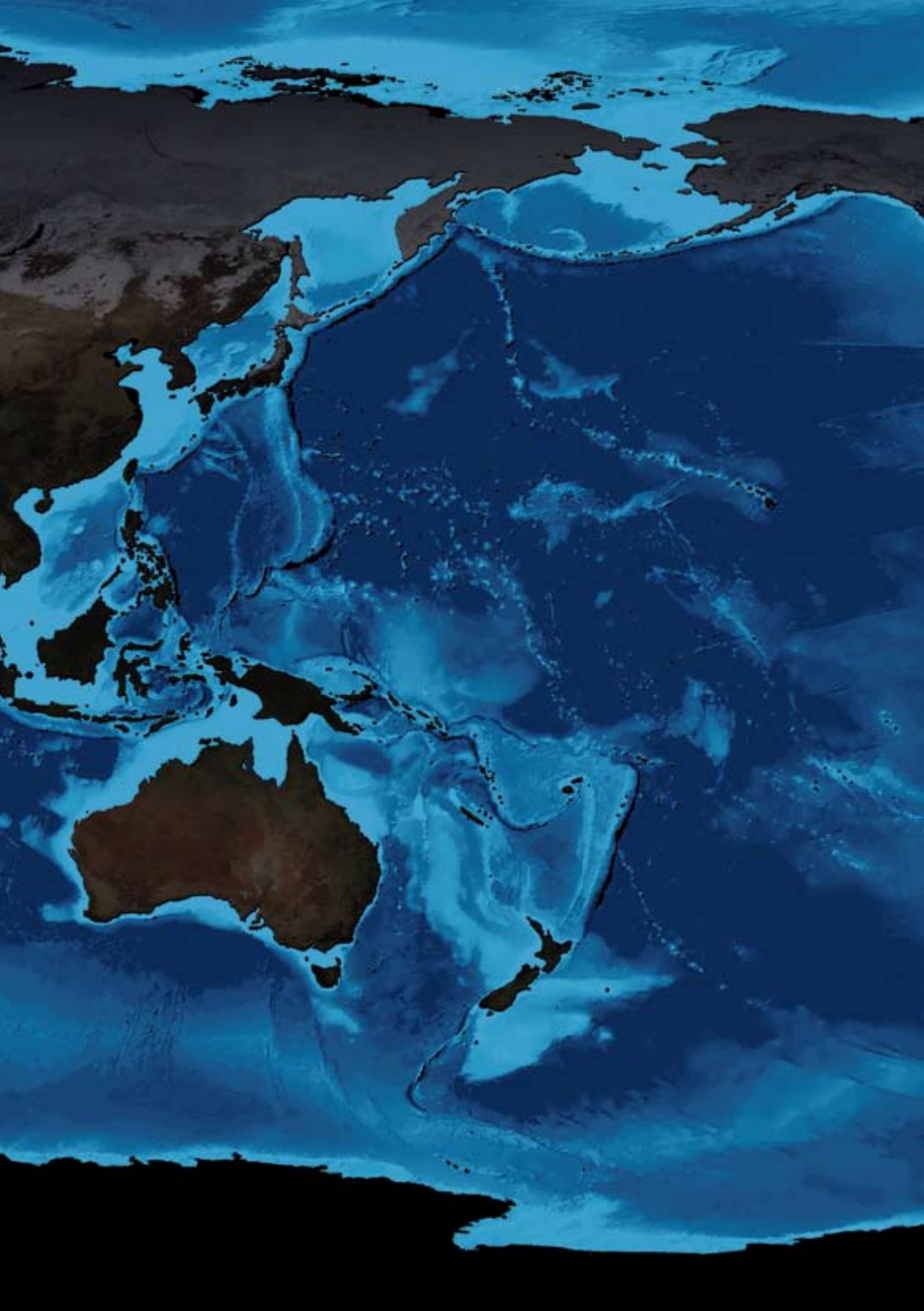
Zwei interessante Links aus der Vorlesung:

– *Die berühmte Tischrede von Richard Feynmann:*

www.zyvex.com/nanotech/feynman.html

– *Inner life of a cell:*

<http://multimedia.mcb.harvard.edu/>





ozean der zukunft
DIE KIELER MEERESWISSENSCHAFTEN

DER KIELER EXZELLENZCLUSTER OZEAN DER ZUKUNFT

Der Kieler Exzellenzcluster „Ozean der Zukunft“ ist ein in Deutschland einmaliger Forschungsverbund von mehr als 240 Wissenschaftlern aus sechs Fakultäten der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, des Leibniz-Instituts für Meereswissenschaften (IFM-GEOMAR), des Instituts für Weltwirtschaft (IfW) und der Muthesius Kunsthochschule.

Ziel des interdisziplinären Verbundes aus Meeres-, Geo- und Wirtschaftswissenschaftlern sowie Medizinern, Mathematikern, Juristen und Gesellschaftswissenschaftlern ist es, den Ozean- und Klimawandel gemeinsam zu erforschen, die Risiken und Chancen neu zu bewerten und ein weltweit nachhaltiges Management der Ozeane und mariner Ressourcen zu ermöglichen. Der Exzellenzcluster „Ozean der Zukunft“ wird im Rahmen der Exzellenzinitiative von der deutschen Forschungsgemeinschaft im Auftrag von Bund und Ländern gefördert.

Weitere Informationen unter: www.ozean-der-zukunft.de

Wir danken der Förde Sparkasse und ihrer Stiftung
„200 Jahre Sparkasse Kiel“ für die freundliche Unterstützung:

