

## Gefahren durch Nanotechnologie

[http://www.discovery.de/de/pub/specials/mikrokosmos\\_mensch/nanotopia/visionen/gefahren.htm](http://www.discovery.de/de/pub/specials/mikrokosmos_mensch/nanotopia/visionen/gefahren.htm)

Wissenschaftler experimentieren bei der Nanotechnologie auf einem Gebiet, dessen Grundlagen sie noch nicht in Gänze begriffen haben. Kritiker befürchten deshalb, dass die Experimente aus dem Ruder laufen könnten.

Wer Moleküle durch Nanotechnologie verändert, greift stark in die natürliche Ordnung der Dinge ein. In dem Vorhaben, winzige, sich selbst bauende Nano-Roboter herzustellen, sehen Experten wie Bill Joy, Mitbegründer des amerikanischen Computer-Unternehmens Sun Microsystems, auch Gefahren. Was, wenn man die Kontrolle über diese winzigen Wesen verliert? Wenn sie nicht so funktionieren, wie die Wissenschaft es angedacht hat? Wenn sie sich entfesselt verbreiten und dabei unsäglichen Schaden anrichten?

Gewisse Bedenken sind sicher berechtigt. Jede Technologie hat ihre Vorteile und richtet dabei irgendwo Schaden an. Selbst wer Getreide anbaut, bricht den Boden auf und nimmt angestammten Pflanzen den Lebensraum. Wie auf vielen anderen Gebieten ist auch bei dieser neuen Technologie der verantwortungsbewusste Umgang gefragt.

Zu einer Zeit, als die Menschheit in die Weiten des Alls blickte und von der Eroberung galaktischer Weiten träumte, dachte ein Mann über das Vordringen in die Welt der Atome nach: Richard Feynman.

## Visionen in der Nanotechnologie

Richard Feynman lebte von 1918 bis 1988 und war Physiker und Nobelpreisträger. Bereits 1959 formulierte er seine Visionen von der Beherrschung der Atome. Seine Idee: "Es ist noch viel Platz dort unten!" Mit "unten" meinte Feynman die Welt der Atome und Moleküle. Man wusste, dass es sie gab und wie sie reagierten. Doch gesehen hatte sie zu jener Zeit noch niemand. Atome und ihre Zusammensetzungen, die Moleküle, sind winzig. Sie haben Größen von Nanometern. Nanos kommt aus dem Griechischen und heißt Zwerg. Ein Nanometer ist der millionste Teil eines Millimeters. Ein paar Atome nebeneinander ergeben einen Nanometer. Im Größenvergleich verhalten sich nanometergroße Teile zu einem Fußball wie der Fußball zum Umfang der Erde. Selbst ein dünnes menschliches Haar ist um das Siebzigttausendfache größer als ein Nanometer. Feynman war 1959 schon der Überzeugung, dass man das gesamte Wissen der Encyclopedia Britannica auf einen Stecknadelkopf schreiben kann. Es sei möglich, Atome und Moleküle gezielt zu manipulieren. Die Idee erschien so abwegig, dass man Feynman verlachte. Heute zeigt sich, dass seine Visionen mehr und mehr Wirklichkeit werden. Nach der Erfindung des Rastertunnelmikroskops Anfang der 1980-er Jahre gelang es der Firma IBM dann 1989, den gleichnamigen Schriftzug aus Atomen zusammenzusetzen. Und dies erscheint erst als der

Anfang einer atemberaubenden Entwicklung der Miniaturisierung.

Die Erfindung eines Autos setzt die Erfindung des Rades voraus, das schon etliche tausend Jahre bekannt ist. Ähnlich verhält es sich mit der Nanotechnologie. Dort mag ein Äquivalent zum Rad bereits gefunden sein, doch zur Beherrschung dieser neuen Disziplin sind noch viele weitere Entdeckungen nötig.

Nanotechnologie - eine interdisziplinäre Wissenschaft  
Die möglichen Anwendungsgebiete der Nanotechnologie umfassen die unterschiedlichsten Disziplinen. Die IT-Branche erhofft sich von ihr etwa molekulare Computerbausteine. Neue Werkstoffe könnten mit ihr hergestellt werden, die ungleich kratzfester, hitzebeständiger oder belastbarer sind als alles heute Bekannte. Eventuell lässt sich mit der Nanotechnologie die Energieversorgung neu lösen. In der Umwelttechnik könnten winzige Nanoroboter giftige Substanzen in ungiftige verwandeln. Und auch in der Medizin soll diese neue Wissenschaft revolutionäre Auswirkungen zeigen.

Doch das Umsetzen dieser Visionen braucht Erkenntnisse auf den verschiedensten Gebieten. Bislang weiß man noch nicht einmal genau, was auf der Ebene der Atome und Moleküle genau passiert. Hier laufen die Gesetze der Physik und der Chemie zusammen. Beschäftigt man sich mit lebenden Systemen, kommt noch die Biologie hinzu. Und will man tatsächlich Neues schaffen, ist das Spezialwissen auf vielen weiteren Gebieten gefragt. Interdisziplinäres Denken ist angesagt. Noch steckt die Nanotechnologie in den Kinderschuhen. Einzelne Erfolge lassen hoffen. Und mit der weltweiten Vernetzung der wissenschaftlichen Erkenntnisse gehen Wissenschaftler von einer exponentiellen Entwicklung dieser neuen Disziplin aus. Sie halten die Nanotechnologie für die revolutionäre Technologie des 21. Jahrhunderts.

Eine Kuh frisst Gras und produziert Muskelmasse. Manche Wissenschaftler halten diesen Vorgang für die natürliche Art der Nanotechnologie. Sie wollen die Umwandlung eines Stoffes in einen völlig anderen künstlich nachahmen.

## Selbstorganisation von Atomen

Die Natur beweist täglich, dass sie zur Nanotechnologie fähig ist. Eine Zelle nimmt sich an Nährstoffen, was sie braucht, und baut daraus bei der Vermehrung einen Doppelgänger zusammen, der danach seinen Zweck genauso gut erfüllt. Wieso soll ein solcher Vorgang nicht nachzuahmen sein? Der 1955 geborene Nanovisionär Eric Drexler formulierte seine Ideen in seinem 1986 erschienenen Buch "Engines of Creation". Drexler glaubt, dass man auf dem Weg der Nanotechnologie winzige Roboter zusammenbauen wird. Schafft man es, einen einzigen solchen Nano-Roboter herzustellen, kann man ihn gleich so bauen, dass er sich selbst vervielfältigt. Winzigen Chirurgen gleich könnten diese Gebilde dann durch unsere Adern reisen und

die Arbeit direkt an kranken Organen verrichten. Sie könnten etwa Krebsgeschwüre bekämpfen, Arterien von der gefährlichen Plaque befreien oder Nierensteine zertrümmern. Doch nicht nur in der Medizin könnten diese kleinen Maschinen Wertvolles leisten, meinen Visionäre wie Drexler. Sobald sie mit den nötigen Rohstoffen, sogar aus Abfall, versorgt werden und richtig programmiert sind, könnten sie vom Lebensmittel bis zum Auto eigentlich alles herstellen. Ein Ziel, auf das es sich hinzuarbeiten lohnt, denn in Zukunft will eine exponentiell wachsende Menschheit versorgt werden. Kritiker bezweifeln jedoch, dass Drexlers Visionen jemals Wirklichkeit werden. Zu schwierig sei die Energieversorgung solcher Nano-Roboter. Winzige autonome Systeme der Natur – etwa Bakterien – sind um ein Vielfaches größer. Viel Kleineres sei nicht mehr funktionsfähig herzustellen, meinen andere Spezialisten.

Wissenschaftler experimentieren bei der Nanotechnologie auf einem Gebiet, dessen Grundlagen sie noch nicht in Gänze begriffen haben. Kritiker befürchten deshalb, dass die Experimente aus dem Ruder laufen könnten.

**Gefahren durch Nanotechnologie**  
Wer Moleküle durch Nanotechnologie verändert, greift stark in die natürliche Ordnung der Dinge ein. In dem Vorhaben, winzige, sich selbst bauende Nano-Roboter herzustellen, sehen Experten wie Bill Joy, Mitbegründer des amerikanischen Computer-Unternehmens Sun Microsystems, auch Gefahren. Was, wenn man die Kontrolle über diese winzigen Wesen verliert? Wenn sie nicht so funktionieren, wie die Wissenschaft es angedacht hat? Wenn sie sich entfesselt verbreiten und dabei unsäglichen Schaden anrichten?  
Gewisse Bedenken sind sicher berechtigt. Jede Technologie hat ihre Vorteile und richtet dabei irgendwo Schaden an. Selbst wer Getreide anbaut, bricht den Boden auf und nimmt angestammten Pflanzen den Lebensraum. Wie auf vielen anderen Gebieten ist auch bei dieser neuen Technologie der verantwortungsbewusste Umgang gefragt.

Dr. Helmut Grubmüller ist habilitierter Physiker und leitet die Arbeitsgruppe für theoretische molekulare Biophysik am Max-Planck-Institut für biophysikalische Chemie in Göttingen. Er arbeitete mit an der Computer-Simulation des "natürlichen Motors" F-ATPase. DISCOVERY CHANNEL hat ihn interviewt.

Interview mit dem Physiker Helmut Grubmüller  
DISCOVERY CHANNEL: Welche Zukunftsaussichten schreiben Sie Nanomotoren zu? Werden sie tatsächlich einmal Nanoroboter antreiben, wie sie etwa von Eric Drexler angedacht wurden?

Helmut Grubmüller: Schwer zu sagen. Sicher wird es gelingen, mechanische Antriebe immer weiter zu verkleinern, und sicher werden sich dadurch eine Reihe neuer, sehr nützlicher

Anwendungsmöglichkeiten erschließen. Ob das nun gerade Nanoroboter sein werden, weiß ich nicht. Auch kann ich mir außer Motoren eine Reihe weiterer nützlicher Apparate vorstellen.

DISCOVERY CHANNEL: Was für Apparate wären das etwa?

Helmut Grubmüller: Nun, zum Beispiel Nanospeicher mit hoher Speicherdichte, die nanomechanische Steuerung chemischer Reaktionen, Nanocontainer für Medikamente, die sich nur unter genau definierten biochemischen Bedingungen öffnen und damit sehr spezifisch sein können, oder ähnliches. Da sind wir aber sofort im Bereich der wilden Spekulationen, so dass ich mich da nicht weiter verbreiten möchte.

DISCOVERY CHANNEL: Welche Entwicklungen halten Sie in der Nanotechnologie bis zum Ende des 21. Jahrhunderts für möglich?

Helmut Grubmüller: Wenn Sie zu Beginn des 20. Jahrhunderts – etwa als die ersten Vakuumröhren entwickelt wurden – gefragt hätten, welche Entwicklungen in der Elektrik oder Elektronik bis heute wohl möglich seien, wäre man mit der Antwort mit großer Wahrscheinlichkeit grob daneben gelegen. Vielleicht hätte man auf sehr große Rechenmaschinen mit super-miniaturisierten Röhren getippt. Ich würde also lieber nicht so weit in die Zukunft raten.

DISCOVERY CHANNEL: Was ist in Ihren Augen die bedeutendste Erfindung, die auf dem weiten Gebiet der Nanotechnologie bislang gemacht wurde?

Helmut Grubmüller: Erfunden vom Menschen: das Rasterkraftmikroskop und verwandte Techniken, die es erlauben, einzelne Moleküle und Atome abzubilden und zu manipulieren. Die Mikro- oder Nano-Elektronik nehme ich hier aus. 'Erfunden' von der Natur: Proteine und andere Makromoleküle – in vieler Hinsicht perfekte Nanomaschinen.

DISCOVERY CHANNEL: Sehen Sie mit der Nanotechnologie Gefahren auf die Menschheit zukommen?

Helmut Grubmüller: Jede neue Technik kann und wird missbraucht werden. In der Vergangenheit hat meiner Meinung nach in den meisten Fällen der Nutzen den Schaden überwogen.