

Die Philosophie des grauen Schleims

Was ist das eigentlich: Nanotechnologie? Der Wissenschaftstheoretiker Alfred Nordmann versucht eine Antwort

DIE ZEIT: Nach Jahren der Diskussion über die Nanotechnologie herrscht in der Öffentlichkeit immer noch eine sehr diffuse Vorstellung davon, was Nanotechnologie ist. Woran liegt das?

Alfred Nordmann: Das liegt vor allem daran, dass der Begriff der Nanotechnologie zu amorph ist. Mit einzelnen konkreten Anwendungen kann man schon eher etwas anfangen. Für die Nanotechnologie ist aber wichtig, dass über sie als ein großes, einheitliches Programm geredet wird. Den Gefallen tut ihr die Philosophie und vor allem die Ethik. Ich halte es für keinen Zufall, dass sowohl der exzentrische Nanovisionär Eric Drexler als auch der Architekt der amerikanischen Nanoinitiative, Mike Roco, als Allererstes Beratungen über die gesellschaftlichen Wirkungen gestartet haben. Nach dem Motto: Wenn es eine gesellschaftliche Wirkung hat, muss es auch ein reales Phänomen, eine reale Technikentwicklung sein. Insofern wurden die Philosophen und Ethiker von vornherein rekrutiert, um der Sache eine gewisse Ernsthaftigkeit zu verleihen. Sie sind auch heute noch die Einzigen, die das Wort Nanotechnologie im Singular mit voller Inbrunst sagen können. Das ist aber genau das Problem: Der Begriff ist vollkommen abstrakt. Deshalb wundert es mich nicht, dass er vage und diffus bleibt.

ZEIT: Wie würden Sie das Feld denn beschreiben?
Nordmann: Nanotechnologie ist eher eine Art und Weise, die Forschung zu organisieren. Man hat sich einen ganz kleinen gemeinsamen Nenner gegeben, also dass es irgendetwas mit dieser Größenordnung zu tun hat. Insofern ist Nanotechnologie ein gesellschaftliches Konstrukt, was ja für Physik und Chemie nicht so offensichtlich ist. Die Frage ist: Wie kann sich dieses Konstrukt langfristig halten? Es ist jetzt eingeführt, die Finanzierung ist ziemlich gut. Noch wird ja auch die ethisch-philosophische Diskussion unter dem Vorzeichen geführt, dieses »zarte Pflänzchen« müsse geschützt und erhalten werden. Ich halte es aber nicht für so schutzbedürftig. Es wird viel Geld dafür ausgegeben, die öffentliche Beurteilung ist vage, aber positiv. Jetzt kann man doch konkreter nachfragen: Wofür ist das eigentlich gut?
ZEIT: Und wofür ist sie gut?

Nordmann: Es geht nicht um einen Krieg gegen den Krebs, einen Flug zum Mond, ein Wettrennen. Stattdessen wird mit den Nanotechnologien die Erwartung verbunden, dass mit ihnen alles anders werden könnte, aber nichts Bestimmtes. Diese Erwartung wird durch die Rhetorik und die Bildsprache der Nanotechnologie stark geschürt: Der Nanoraum ist ja zunächst einmal ein »innerer Welt-raum«, der sich vor allem dadurch auszeichnet, dass er unbegrenzte Möglichkeiten birgt. Dieser Raum wird nun erst einmal exploriert.

ZEIT: Knüpft das an frühere Ambitionen der Eroberung und Erschließung an? Aus technikkritischen Kreisen wird der Vorwurf laut, Nanotechnologie sei nur eine neue, gesteigerte Variante der Inwertsetzung von Materie, jetzt, da wir um uns herum, in der Makrowelt, überall an Grenzen stoßen.

Nordmann: Da ist etwas dran. Nehmen Sie die berühmte Rede von Richard Feynman, *There's Plenty of Room at the Bottom*, von 1959 – die ist damals in der Zeitschrift des California Institute of Technology abgedruckt worden. Blättern man die durch, stellt man fest: In den anderen Artikeln, auch den Anzeigen, geht es immer um die Erschließung des Welt- raums. Das hatte natürlich auch etwas mit Auswanderungs- und Besiedelungsfantasien zu tun – neue Kolonien zu gründen, wenn es hier eng wird und uns die Ressourcen ausgehen. Natürlich wird niemand in die Nanoskala »ziehen« wollen, das nicht. Aber das Versprechen, dass wir dort ganz neue Ressourcen finden, dass Nanotechnologie unsere Umweltprobleme von selbst lösen wird, weil wir weniger Energie benötigen und keinen Abfall mehr produzieren werden – all diese Visionen handeln davon, wie wir unseren ökologischen Fußabdruck reduzieren können. So erschließen wir uns neue Räume für wirtschaftliches Wachstum in einer begrenzten Welt.

ZEIT: Feynmans Rede gilt gemeinhin als Gründungsakt. Viele Nanoforscher sagen allerdings, dass die in den Achtzigern niemand mehr kannte. Wer hat die denn wieder ins Spiel gebracht?

Nordmann: Alle Historiker sind sich einig, dass Feynman mit seiner Rede wirkungsvoll war. Er wurde posthum zum Gründungs-vater erklärt. Betrachtet man das wissenschaftssoziologisch, so hatte das sicher auch etwas damit zu tun, dass die Physik die Nanotechnologie für sich reklamierte. Wenn Sie mich fragen: Der Gründungsakt ist das IBM-Logo von Eigler und Schweizer von 1989, und es ist von beiden auch deutlich so bezeichnet worden.

ZEIT: Die beiden haben 35 Xenonatome mit Hilfe eines Rastertunnelmikroskops zu den drei Buchstaben I, B, M angeordnet.

Nordmann: In der Webgalerie des IBM-Forschungszentrums Almaden heißt das Bild *The Beginning*. Das ist gerechtfertigt, weil in diesem Anfang auch schon das Ende oder der Endzweck der Nanotechnologie enthalten ist. Man kann es als eine Art *proof of concept* dafür verstehen, dass wir uns auf molekularer Ebene willkürlich in die Materie einschreiben können. Denn im Grunde gibt es ja nichts Willkürlicheres, als den eigenen Namen irgendwo hinzuschreiben. Ich finde es sehr interessant, dass sich inzwischen fast jedes Labor auf ähnliche Weise nanoskalig verewigt hat. Damit führt man vor – noch mit recht rudimentären Mitteln und großen technischen Schwierigkeiten –, was man am Ende will: willkürliche technische Kontrolle über einzelne Atome und Moleküle. Das ganze visionäre Potenzial der Nanotechnologie steckt in diesem Akt.

ZEIT: Wer sind denn die treibenden Kräfte in der Nanotechnologie?
Nordmann: Die Forschung ist es jedenfalls nicht. Mein Eindruck ist, dass hier jede Menge Opportunismus im Spiel ist – was nicht unbedingt schlecht ist. Die meisten Forscher würden sich ja nur teilweise als Nanoforscher bezeichnen, sie sind nach wie vor in ihren jeweiligen Disziplinen verankert. Die sehen in der Nanotechnologie eine enorme Chance, die eigene Arbeit fortzuführen, aber auch neue Arbeitsmöglichkeiten zu erschließen. Ich glaube, man darf nicht unterschätzen, dass Nanotechnologie enorm viel Spaß macht. Das Gleichgewicht zwischen Experimentieren und dem Generieren von Erklärungen aus dem Schatz der schon zur Verfügung stehenden Theorien ist gerade richtig. Da kann man zu einem befriedigenden Abschluss kommen und zu einem neuen Projekt übergehen.

ZEIT: Würden Sie zwischen Nanotechnologie und Nanoforschung einen Unterschied machen?
Nordmann: Ich halte den Begriff »Nanotechno- science« für besonders adäquat.
ZEIT: Heißt das, dass wir es hier mit einem Zwitter zu tun haben?
Nordmann: Technowissenschaft ist so zwitterhaft. Nach unserem Wissenschaftsverständnis geht es in der Wissenschaft darum, eine theoretische Weltbeschreibung zu finden, Phänomene zu erklären und zu modellieren. Von der Technik erwarten wir vor allem Geräte oder Anwendungen. Beim Wissen ist das Kriterium »wahr oder falsch?«, bei den Geräten: »Funktioniert es oder nicht?« Bei der Nanotechno- wissenschaft geht es meiner Ansicht nach um etwas ganz anderes: nämlich zunächst einmal um den Erwerb, die Demonstration und die Kommunikation grundlegender Fertigkeiten. Dabei ist Visualisierung die erste und wichtigste Fertigkeit. Erst einmal muss vorgeführt werden, dass man die Dinge in der Nanowelt überhaupt sehen kann, dass man Dinge bewegen und wachsen lassen kann, dass man dort handeln kann. Diese Grundfertigkeiten werden schrittweise erarbeitet, und die führt man sich vor. Das ist weder Wissenswerb noch technische Anwendung. Es geht nicht nur um die Erforschung, sondern um die Erschaffung einer Welt. Das ganze Programm ist ein konstruktivistisches Programm. Dazu sucht man sich die gesellschaftlichen Akteure,

die einander dabei helfen, institutionalisiert das sogar richtig in den sogenannten Technology Platforms der EU, man holt den öffentlichen Diskurs in die Forschung hinein, lädt auch Kritiker und Gegner der Nanotechnologie ein, bei ihrer »verantwortlichen Entwicklung« mitzuhelfen.
ZEIT: Sind dabei die ganz großen Visionen eher hinderlich? Drexlers Mitsstreiter Ralph Merkle hat einmal gefordert, dass der US-Präsident eine Rede hält, »Baut mir einen Assembler!«, während viele andere Nanotechnologen davon nichts wissen wollen. Welche Vision wäre denn nun adäquat?
Nordmann: Hier möchte ich ein wenig der Wissenschaft, auch im klassischen Sinne, das Wort reden. Mit der Frage »Was sind die großen und kleinen Visionen?« kann ich wenig anfangen. Denn die angeblich ambitioniertesten Vorhaben, wie einen sogenannten Assembler zu bauen oder Roboter durch die Blutbahn zu schicken, sind nicht unbedingt große Visionen. Das ist zwar technisch schwierig – vermutlich sogar unmöglich –, aber an sich sind diese Vorstellungen alt und stereotyp. Wenn ich mir dagegen den deutschen Materialwissenschaftler Herbert Gleiter oder den britischen Physiker Richard Jones anschau, sehe ich auch sie als Visionäre: bei Gleiter eine ganz neue Klasse von Materialien, bei Jones die *soft machines*. Das sind keine spektakulären Science-Fiction-Visionen, sondern es geht darum, dass hier ganz neue Welten erkundet werden sollen – ohne damit aber falsche Versprechungen zu verbinden, wozu das denn gut sein könnte.
ZEIT: Auch wenn die Vorstellungen von Eric Drexler, der schon in den Achtzigern Nanoroboter skizzierte, weitab vom Mainstream sind: Wirken sie nicht doch wie eine Art Subtext in der Nanotechnologie? Ich habe oft den Eindruck, dass doch viel mehr Nanoforscher seiner Vorstellung folgen, Materie gewissermaßen zu programmieren. Sie nennen es nur nicht so.

Nordmann: Das ist sicher richtig, und das halte ich für ein großes Problem der Nanotechnologie und der Erwartungen, die sich an sie knüpfen. Alle meinen irgendwie, dass es letzten Endes um eine Art Präzisionskontrolle geht. Selbst Mike Roco, der sich von Eric Drexler absetzen wollte, hat eine Broschüre der amerikanischen National Nanotechnology Initiative betitelt: *Shaping the World Atom by Atom*. Das halte ich schon deswegen für problematisch, weil es systematisch unterschätzt, wie schwer es ist, auf der Nanoskala etwas zu erreichen. Es gibt eine Parallelsituation bei den Bildern: auf der einen Seite die sprachliche Darstellung der Nanowelt aus der Perspektive der Quantenphysik, die auf die Merkwürdigkeit und die Unbeherrschbarkeit dieser Welt abzielt. Auf der anderen Seite zeigen die Bilder meist eine stark gereinigte, »hygienisierte« Welt, ganz traditionelle Räume mit Atomen als kleinen Kügelchen, eine Welt, die offenbar technisch manipulierbar ist. Im öffentlichen Bewusstsein, in den Erwartungen, aber auch in den Versprechungen, bezieht man sich immer auf diese Bildwelten und verschweigt, wie schwer es ist, dort eine genaue Kontrolle hinzubekommen. Zum Beispiel sind Kohlenstoff-Nanoröhrchen schon mehr als 15 Jahre alt und werden seit geraumer Zeit in größeren Mengen hergestellt. Wie viele Menschen wissen aber, dass es trotzdem von Seiten der Nanowissenschaftler heißt, jede Lieferung habe andere Eigenschaften, dass es also immer noch kein ausreichend standardisiertes Herstellungsverfahren gibt? Das sagt schon etwas über die Widerständigkeit der Nanowelt aus, die sie ja auch interessant macht.

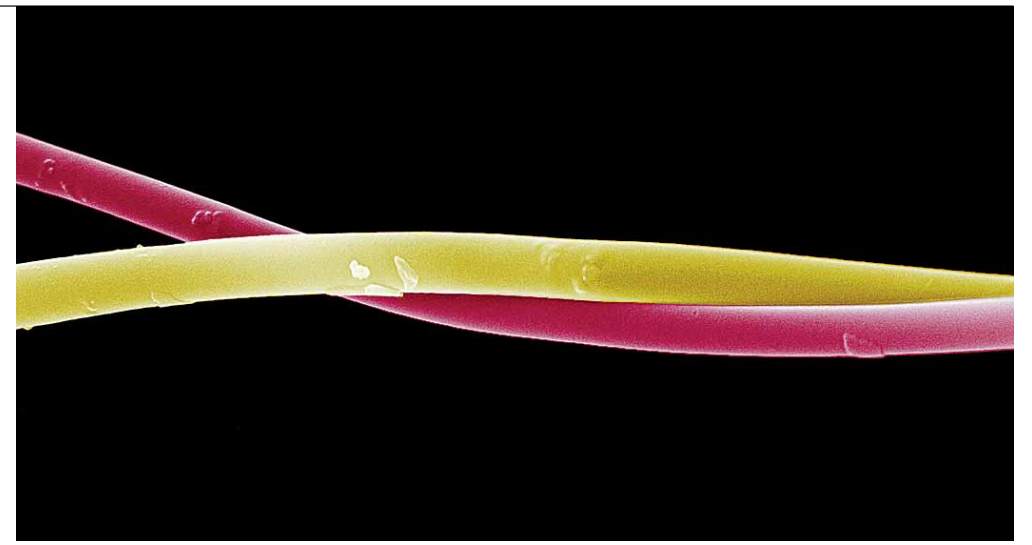
ZEIT: Nun hat sich die Risikodebatte in der Nanotechnologie verlagert: weg vom tödlichen grauen Nanomaschinenschleim, dem *grey goo*, mit dem sich Bill Joy im Jahre 2000 in einem berühmten Essay auseinandergesetzt hatte, hin zu Nanopartikeln in Sonnencremes und Reinigungsmitteln.
Nordmann: Es ist zwar verständlich, aber falsch, dass sich der gesellschaftlich-ethische Diskurs jetzt so stark auf diese Nanopartikel-Risikodebatte zurückzieht. Damit unterschätzt man nicht nur das Anwendungspotenzial der Nanotechnologie, sondern auch die Bürger, die sich über neue Technologien Gedanken machen. Man tut so, als ob das Einzige, worauf es ihnen ankäme, die individuelle Sicherheit vor Schadstoffen wäre. Diese Verkürzung ist problematisch. Zu *grey goo* kann man sagen, dass es ja eine Metapher ist. Man muss gar nicht buchstäblich an dieses Drexlersche Szenario von Amok laufenden Nanorobotern glauben, um zu wissen, dass Technik außer Kontrolle geraten kann. Was passiert, wenn sich hier irgendetwas verselbstständigt? Diese Sorge hat schon in der Debatte über gentechnisch manipulierte Organismen eine Rolle gespielt. Es ist die alte Geschichte vom Zauberlehrling.

ZEIT: Wie schätzen Sie die Risiken ein?
Nordmann: Meine Position liegt dazwischen: Wie gehen wir mit der Nanoforschung um? Welche Zusicherungen machen wir über die Risikofreiheit der Nanotechnologien? Wie weit argumentieren wir mit dem möglichen gesellschaftlichen Nutzen, der dann aber auch ausgewiesen werden müsste, damit der Einsatz in diese Forschung als ein gesellschaftliches Reformprojekt gemeinsam getragen werden kann, bei dem wir die Grenzen des Wissens in Kauf nehmen? Das wären also eher Fragen der *governance*. Wir Philosophen werden oft dazu rekrutiert, gerade auch die unverantwortlichen Seiten einer Vision glaubwürdig zu machen, also eine bloß mögliche Zukunft als real auszuweisen.
ZEIT: Wie sollte die Wissenschaftsphilosophie die Sache denn angehen?
Nordmann: Was wir als Philosophen jetzt beitragen sollten, bezeichne ich als »Entflechtung«. Eine Entwirrung der Begriffe und Diskurse. Ich halte das für eine ethische Aktivität, weil es eines gewisser Fingerspitzengefühls bedarf: Man muss das Knäuel aufröseln, ohne die Forschungsstränge selbst zu zerstören. Ein einfaches Beispiel: Wer zu einem Vortrag über Nanotechnologie geht, bekommt meist ganze Listen präsentiert mit all den Anwendungen, die wir erwarten können. Der Zweck dieser Listen ist vor allem, einen Wow-Effekt zu produzieren. Es geht nicht darum, die einzelnen Punkte dieser Liste zu diskutieren, sondern zu zeigen, dass sie unendlich fortgeführt werden könnten. Das ist für mich eine solche Verflechtung. Die Entflechtung besteht darin, dass man an diesem Punkt – mit der Liste vor Augen – anhält und fragt: Was wollen wir eigentlich? Eine andere Beispiel ist die Auffassung von der Effizienz der Nanomedizin: dass durch sie die Behandlung für den Patienten billiger wird, dass sie mit weniger Nebenwirkungen verbunden sei und dass sie aus naturwissenschaftlicher Sicht die Krankheiten an ihrer Wurzel packt. Hier werden drei unterschiedliche Effizienzvorstellungen miteinander verquickt. Die Nanomedizin soll alle drei zugleich bedienen. Das ist schon auf den ersten Blick völlig unplausibel: Dass etwa eine individualisierte Medizin kostengünstiger sein soll, stimmt allgemein sicher nicht. Ich würde sagen, dass alle davon profitieren, wenn man eine solche Verquickung der Begriffe entzerrt und damit die Leute auch ein wenig von dem Terror entlastet, der von einem solchen Effizienzdenken ausgeht.

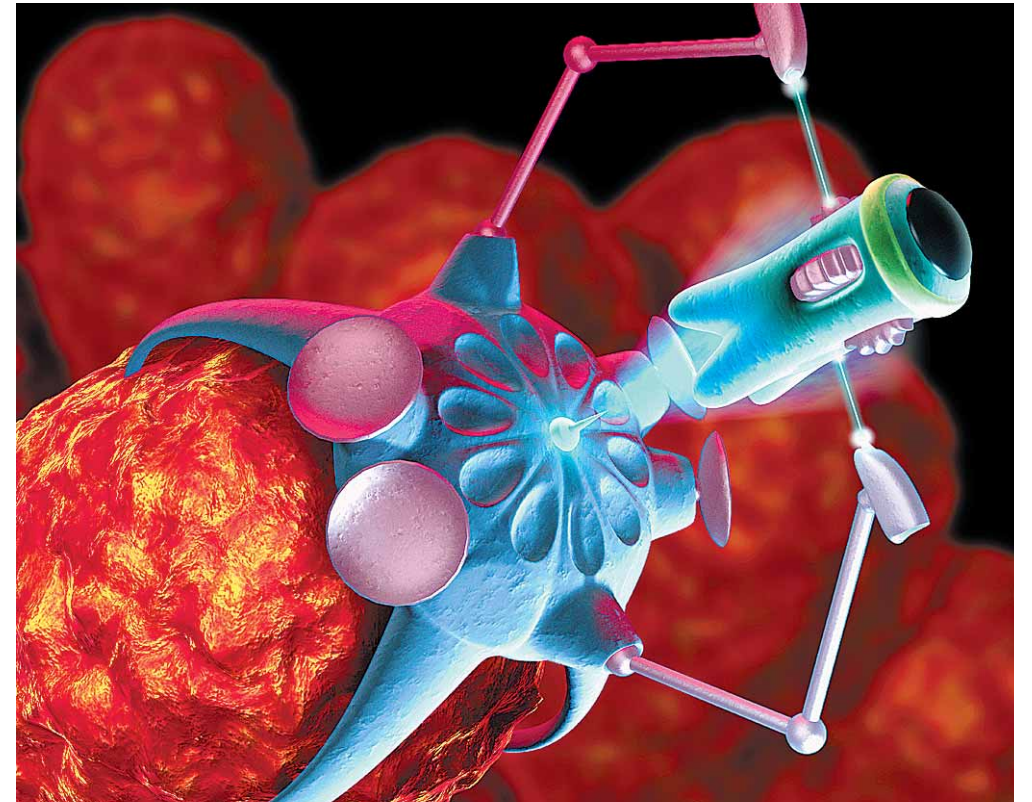
ZEIT: Wie schätzen Sie die Risiken ein?
Nordmann: Meine Position liegt dazwischen: Wie gehen wir mit der Nanoforschung um? Welche Zusicherungen machen wir über die Risikofreiheit der Nanotechnologien? Wie weit argumentieren wir mit dem möglichen gesellschaftlichen Nutzen, der dann aber auch ausgewiesen werden müsste, damit der Einsatz in diese Forschung als ein gesellschaftliches Reformprojekt gemeinsam getragen werden kann, bei dem wir die Grenzen des Wissens in Kauf nehmen? Das wären also eher Fragen der *governance*. Wir Philosophen werden oft dazu rekrutiert, gerade auch die unverantwortlichen Seiten einer Vision glaubwürdig zu machen, also eine bloß mögliche Zukunft als real auszuweisen.

ZEIT: Wie sollte die Wissenschaftsphilosophie die Sache denn angehen?
Nordmann: Was wir als Philosophen jetzt beitragen sollten, bezeichne ich als »Entflechtung«. Eine Entwirrung der Begriffe und Diskurse. Ich halte das für eine ethische Aktivität, weil es eines gewisser Fingerspitzengefühls bedarf: Man muss das Knäuel aufröseln, ohne die Forschungsstränge selbst zu zerstören. Ein einfaches Beispiel: Wer zu einem Vortrag über Nanotechnologie geht, bekommt meist ganze Listen präsentiert mit all den Anwendungen, die wir erwarten können. Der Zweck dieser Listen ist vor allem, einen Wow-Effekt zu produzieren. Es geht nicht darum, die einzelnen Punkte dieser Liste zu diskutieren, sondern zu zeigen, dass sie unendlich fortgeführt werden könnten. Das ist für mich eine solche Verflechtung. Die Entflechtung besteht darin, dass man an diesem Punkt – mit der Liste vor Augen – anhält und fragt: Was wollen wir eigentlich? Eine andere Beispiel ist die Auffassung von der Effizienz der Nanomedizin: dass durch sie die Behandlung für den Patienten billiger wird, dass sie mit weniger Nebenwirkungen verbunden sei und dass sie aus naturwissenschaftlicher Sicht die Krankheiten an ihrer Wurzel packt. Hier werden drei unterschiedliche Effizienzvorstellungen miteinander verquickt. Die Nanomedizin soll alle drei zugleich bedienen. Das ist schon auf den ersten Blick völlig unplausibel: Dass etwa eine individualisierte Medizin kostengünstiger sein soll, stimmt allgemein sicher nicht. Ich würde sagen, dass alle davon profitieren, wenn man eine solche Verquickung der Begriffe entzerrt und damit die Leute auch ein wenig von dem Terror entlastet, der von einem solchen Effizienzdenken ausgeht.

DAS GESPRÄCH FÜHRTE NIELS BOEING



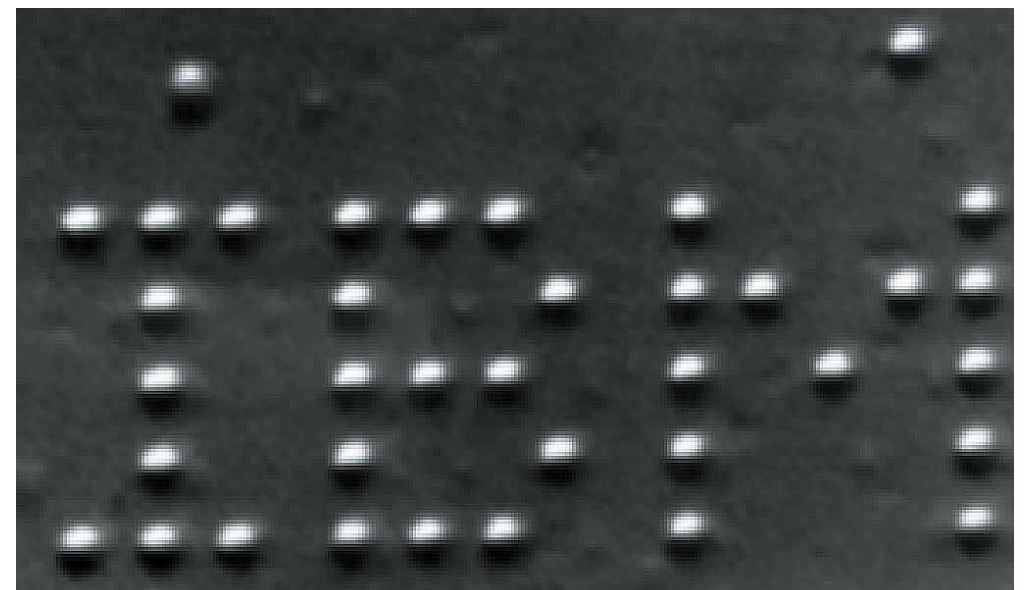
NANORÖHRCHEN lassen sich noch nicht nach Maß produzieren



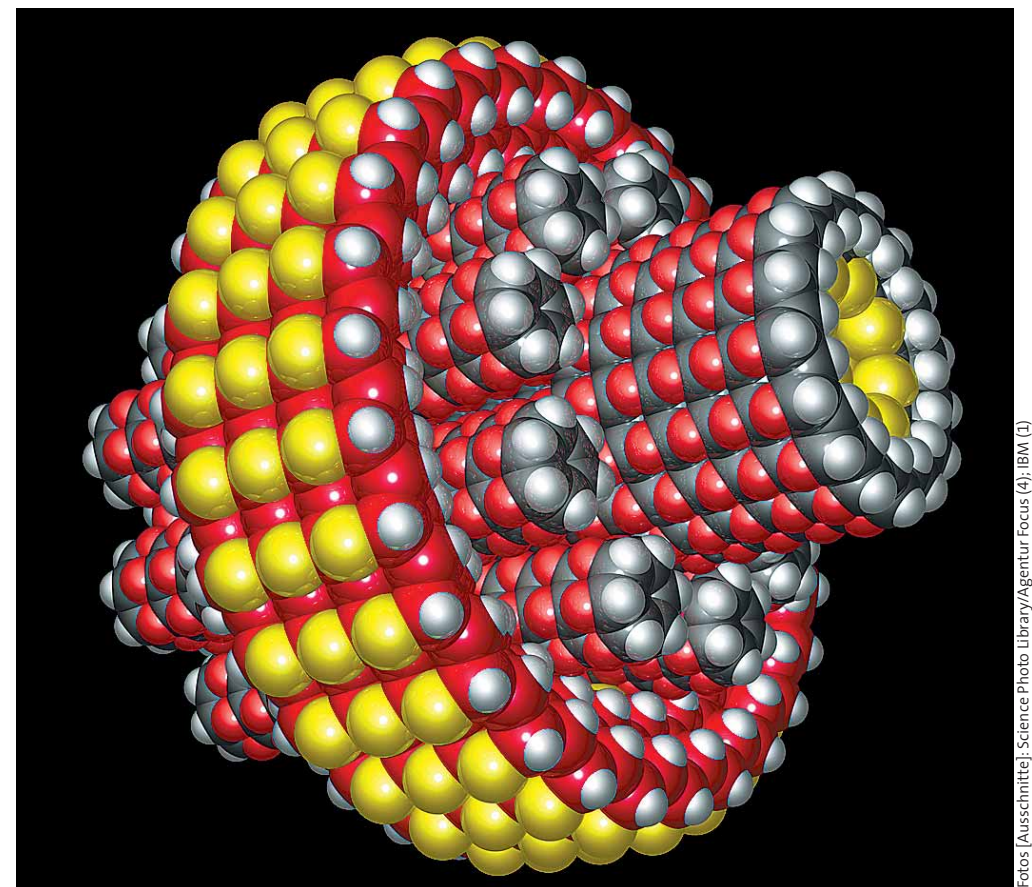
Der ROBOTER IN DER BLUTBAHN wird noch lange eine Vision bleiben



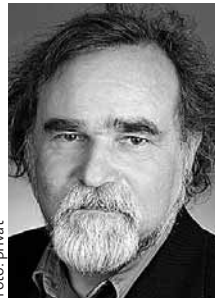
Wasserabstoßende OBERFLÄCHEN aus Nanopartikeln gibt es bereits heute



IBM-Forscher schrieben 1989 das Logo ihrer Firma mit einzelnen Atomen



Atomare GETRIEBE werden in dieser Form wohl nie gebaut werden



Alfred Nordmann

lehrt seit 2002 Wissenschaftsphilosophie an der Technischen Universität Darmstadt. Der Dramaturg und Philosoph erforscht die Entstehung neuer Disziplinen und leitet das Nanobüro am Darmstädter Zentrum für interdisziplinäre Technikforschung

die einem dabei helfen, institutionalisiert das sogar richtig in den sogenannten Technology Platforms der EU, man holt den öffentlichen Diskurs in die Forschung hinein, lädt auch Kritiker und Gegner der Nanotechnologie ein, bei ihrer »verantwortlichen Entwicklung« mitzuhelfen.

ZEIT: Sind dabei die ganz großen Visionen eher hinderlich? Drexlers Mitsstreiter Ralph Merkle hat einmal gefordert, dass der US-Präsident eine Rede hält, »Baut mir einen Assembler!«, während viele andere Nanotechnologen davon nichts wissen wollen. Welche Vision wäre denn nun adäquat?

Nordmann: Hier möchte ich ein wenig der Wissenschaft, auch im klassischen Sinne, das Wort reden. Mit der Frage »Was sind die großen und kleinen Visionen?« kann ich wenig anfangen. Denn die angeblich ambitioniertesten Vorhaben, wie einen sogenannten Assembler zu bauen oder Roboter durch die Blutbahn zu schicken, sind nicht unbedingt große Visionen. Das ist zwar technisch schwierig – vermutlich sogar unmöglich –, aber an sich sind diese Vorstellungen alt und stereotyp. Wenn ich mir dagegen den deutschen Materialwissenschaftler Herbert Gleiter oder den britischen Physiker Richard Jones anschau, sehe ich auch sie als Visionäre: bei Gleiter eine ganz neue Klasse von Materialien, bei Jones die *soft machines*. Das sind keine spektakulären Science-Fiction-Visionen, sondern es geht darum, dass hier ganz neue Welten erkundet werden sollen – ohne damit aber falsche Versprechungen zu verbinden, wozu das denn gut sein könnte.

ZEIT: Auch wenn die Vorstellungen von Eric Drexler, der schon in den Achtzigern Nanoroboter skizzierte, weitab vom Mainstream sind: Wirken sie nicht doch wie eine Art Subtext in der Nanotechnologie? Ich habe oft den Eindruck, dass doch viel mehr Nanoforscher seiner Vorstellung folgen, Materie gewissermaßen zu programmieren. Sie nennen es nur nicht so.