

Shaping the World Atom by Atom: Eine nanowissenschaftliche WeltBildanalyse

Alfred Nordmann

Überschrift?

Im Vordergrund dieses Bandes steht die Frage von Technikgestaltung, ob und wie sie tatsächlich möglich ist und nicht etwa auf die Technikutopien von visionären Wissenschaftlern, science fiction Autoren oder Sozialreformern beschränkt bleibt. Mit meiner Themenstellung „shaping the world atom by atom“ weitet sich die Frage der Technikgestaltung ins Unermessliche aus. Dieses Motto der Nanoforschung behauptet nämlich nicht nur die Gestaltung einer technischen Apparatur, die der Menschheit so oder so nützlich oder schädlich werden kann. Stattdessen soll nach diesem Motto gleich die ganze Welt Atom um Atom, ein Atom nach dem anderen, gestaltet werden. In der Frage der nanotechnologischen Weltgestaltung geht es somit verschärft darum, ob und wie sie tatsächlich möglich ist oder sein sollte und nicht etwa auf visionäre Technikutopien beschränkt bleibt. Dies wird dadurch noch weiter kompliziert, als in einem relativ frühen Stadium der technischen Entwicklung unentscheidbar ist, was als machbar und insofern gestaltbar zu gelten hat, ob beispielsweise der vorgeschlagene Fahrstuhl in den Weltraum nüchtern in den Bereich des durchaus Möglichen fällt oder als visionäre Spinnerei abgeschrieben werden sollte. Im Gegensatz beispielsweise zum offenkundig utopischen Nutznebel, der unsere Gedanken liest und unsere Wünsche materialisiert (Storrs u. Halls 2000), ist es natürlich sehr viel einfacher, sich ein aus neuartigen Fasern besonders zugfest gewundenes Kabel vorzustellen, das irgendwo am Äquator verankert und dann an einem Satelliten festgebunden wird, um Raumfahrern zu ermöglichen, per Fahrstuhl schnell, sicher und vor allem sparsam zum Satelliten hinaufgelangen. Aber bedeutet diese relativ einfachere Vorstellbarkeit auch schon, dass wir uns im Bereich des Machbaren befinden?

In den folgenden Bemerkungen möchte ich dem Ehrgeiz auf Weltgestaltung zwischen Wunsch und Wirklichkeit, Welt und Technik, Vision und Machbarkeit hinterherhören und vor allem fragen, wo er den Menschen als erkennendes und verantwortlich handelndes Subjekt verortet. Mein Reiseführer ist ein einziges Dokument, das gewissermaßen die Geburtsstunde der nationalen Nanotechnologie Initiative der USA markiert und damit den Beginn der staatlichen Förderung in einem Umfang, wie sie sonst höchstens der Rüstung, der Raumfahrt oder dem Krieg gegen den Krebs zukommt. Laut seines Siegels kommt das Dokument direkt vom Schreibtisch des seinerzeitigen US-Präsidenten Clinton, der dem von ihm gegründeten Nationalen Wissenschafts- und Technikrat vorsah. Diesem Rat wurde von einer Arbeitsgruppe zugearbeitet, die sich speziell der Nanowissenschaft und

-technologie widmete. Als der Wissenschafts- und Technikrat im September 1999 seinen Bericht veröffentlicht, fällt jedoch die „Nanowissenschaft“ weitgehend weg und übrig bleibt „Nanotechnology: Shaping the World Atom by Atom“.¹

Der Bericht ist für die Öffentlichkeit gedacht; daher legitimiert diese Broschüre nicht nur das große „Investitionspaket, das vielfältige nationale Zielsetzungen erfüllen“ soll (aus dem Deckblatt vor der ersten Seite zitiert), sondern legt auch fest, was wir uns überhaupt unter Nanoforschung vorzustellen haben. Und schon das Titelblatt regt die Vorstellungskraft auf vielfältige, scheinbar widersprüchliche Weise an.

Wer meint, Nanotechnik habe mit ganz kleinen Dingen zu tun, wird sofort eines Besseren belehrt. Wir schauen in den Weltraum mit Erde, Mond, Komet und Sternenmeer hinein. Die zu gestaltende Welt ist also keinesfalls nur unsere apparative Lebenswelt, sondern die Welt schlechthin, die Natur als Ganzes. Die vor uns liegende Oberfläche ist kein Boden, auf dem der Betrachter steht, sondern schiebt sich wie der frei schwebende Monolith aus Stanley Kubricks Film *2001 - Eine Odyssee im Weltraum* in das Geschehen hinein, markiert somit, dass sich der Leser in eine zwar nüchtern durchdachte, dennoch fiktive Zukunftswelt begibt. Anders als Kubricks stahlglatter Monolith legt die Oberfläche dieses Materials nahe, das Verhältnis des weiten Weltraums zur Feinstruktur des einzelnen Objekts zu reflektieren. Wir finden uns hier ganz klassisch mit dem Mikro- und dem Makrokosmos konfrontiert. Damit stellen sich aber auch eine Frage und ein Problem. In der klassischen Kosmologie stand der Mensch als Vermittler zwischen Makro- und Mikrokosmos. Der Mensch aber kommt auf diesem Bild zunächst einmal gar nicht vor.

Unfreiwillig antizipiert dieses Titelblatt also nicht die Utopie einer besseren Welt des „globalen Überflusses“ und der Erfüllbarkeit aller Wünsche, sondern ganz im Gegenteil die von Bill Joy beschworene Zukunft, die den Menschen nicht mehr braucht, weil die von Menschen geschaffenen technischen Prozesse – beispielsweise Nanoroboter – menschliche Verantwortung und somit auch die menschliche Existenz überflüssig machen (Joy 2000). Das kosmologische Problem, wie wir uns vermittelnd zwischen dem großen Äußeren und dem kleinen Inneren behaupten sollen, verbindet sich hier also ganz unmittelbar mit den speziellen Ängsten bezüglich der Nanoforschung, wie wir uns nämlich mit technischen Prozessen anfreunden sollen, die zwar menschlich initiiert werden, sich der Aufsicht und Handhabung womöglich aber entziehen und unterhalb unserer Wahrnehmungsschwelle in uns und um uns herum tätig sind.

Kaum haben wir sie benannt, begegnen wir diesen Problemen und Ängsten schon. Implizit entwickelt auch die Nanoforschung kosmologische Vorschläge, die dem Menschen einen bestimmten Ort zuweisen. Diese Zuweisungen sind zunächst begrifflicher Art und wir sollten sie als eine begriffliche Technik verstehen, über die wir uns in ein zumindest scheinbar verantwortliches Verhältnis zu Na-

¹ Der NSTC-Bericht „Nanotechnology: Shaping the World Atom by Atom“ findet sich im Internet unter <<http://itri.loyola.edu/nano/IWGN.Public.Brochure>>. Die Formulierung des Titels ist freilich durch frühere Veröffentlichungen vorgeprägt, siehe Ed Regis 1995 oder Baeyer 1992.

noprozessen versetzen. Die Durchsetzung von Nanotechnologien wird weitgehend davon abhängen, ob diese bloß begriffliche Technik allein schon zu beruhigen vermag und, wenn nicht, ob ihr die entsprechenden sozialen und apparativen Techniken folgen werden.

Dies sei an einem bekannten Beispiel erläutert. Unsere Ängste gegenüber genetisch modifizierten Organismen haben sehr viel damit zu tun, dass sich diese Organismen womöglich unterhalb unserer Wahrnehmungsschwelle überallhin fortpflanzen und wir sie unerkannt in unseren Körper aufnehmen, wo sie sich dann wiederum uns unbewusst weiter ausbreiten. Dieser Angst wird zunächst mit begrifflichen Techniken begegnet. Zu diesen gehört einerseits die auch für die Nanoforschung gültige und keineswegs von der Hand zu weisende Vorstellung, dass die Kenntnis der Natur uns erlaubt, sie technisch zu überbieten und zur Lösung gesellschaftlicher Probleme wie Krankheit und Hungersnot zu verbessern. Ob wir eine Brille benützen, um unsere Sicht zu korrigieren, oder bestimmte Pflanzen genetisch resistenter machen, läuft hiernach aufs Gleiche hinaus. Diese Vorstellung vermag viele nicht mehr zu beruhigen oder zu überzeugen. Auch der Hinweis auf die wissenschaftliche Erkenntnis, dass unser Erbgut unmöglich durch das verändert wird, was wir essend oder atmend aufnehmen, hat an Glaubwürdigkeit verloren. Wo solche begrifflichen Techniken nicht mehr ausreichen, etabliert sich stattdessen oder zusätzlich beispielsweise die politische oder soziale Technik der Auszeichnung von Produkten. Wer der Wissenschaft nicht glauben will, muss nun bürokratischen Aufsichtsverfahren vertrauen. Was uns dabei ganz und gar fehlt, ist aber eine apparative Technik der Beobachtung und Kontrolle, etwa ein automatisiertes Wahrnehmungssystem, das uns die Gegenwart gentechnisch manipulierter Organismen signalisiert oder gar eine Art Filter, der bestimmte Organismen entsprechend aussondert. Selbst wenn es solche Techniken gäbe, gälte immer noch, dass ich allein mit meinen fünf Sinnen und einer kritischen Intelligenz den in und um mich herum stattfindenden menschlich induzierten technischen Vorgang nicht bemerken, bewerten, ausschalten oder veröffentlichen könnte. Dass diese Techniken aber fehlen und vielleicht grundsätzlich unmöglich sind, wird auch bei vielen nanotechnologischen Anwendungen, etwa im Bereich der diagnostischen Medizin zum Tragen kommen.

Für die noch in den Anfängen steckende Nanotechnologie ist nun selbst die begriffliche Verortung des Menschen in der neu zu gestaltenden Welt ein offenes Problem oder permanente Herausforderung. Klar ist nur, dass die Abwesenheit des Menschen nicht sein darf, nicht sein kann, insbesondere da es sich hier ja nicht wie bei Joy um eine Warnung vor der Nanotechnologie handeln soll, sondern um Werbung dafür. Sehen wir also, wie sich der Mensch in diese programmatische Schrift und auch in dieses Titelbild einführt.

Die in der Broschüre enthaltene Erläuterung des Titelbilds bietet gleich mehrere Anhaltspunkte. Da heißt es: „This combination of a scanning tunnelling microscope image of a silicon crystal's atomic surfacescape with cosmic imagery evokes the vastness of nanoscience's potential“ (aus dem Deckblatt vor der ersten Seite zitiert).

Vor uns haben wir also die atomare Oberflächenlandschaft eines Siliziumkristalls. Silizium ist bekanntlich die Grundlage unserer gegenwärtigen Computertechnologie, es symbolisiert somit die bisher angeblich höchste Stufe menschlicher Technik, die sich im Mikrometerbereich von tausendstel Millimetern ansiedelt. Diese Darstellung der Oberflächenstruktur des Kristalls wurde aber erst durch eben die Innovation des Mikroskopierens ermöglicht, die den Nanometerbereich nach allgemeinem Dafürhalten technisch erschloss, somit die Nanoforschung begründete und uns also schon über den Mikrometerbereich hinaus in die Größenordnung von millionstel Millimetern führt. Diese Darstellung des Siliziumkristalls führt den Menschen als Techniker ein, der durch seine Artefakte repräsentiert wird und sich schon auf einer Reise in die technologische Zukunft, im Übergang von Mikrotechnik zur Nanotechnik befindet. Hierbei ist das erste Artefakt das dargestellte Silizium und das zweite Artefakt die bildliche Erschließung seiner Oberflächenlandschaft, in der wir uns nun imaginativ verlaufen können. Dieser Übergang wird im Text der Broschüre auch ausdrücklich benannt: „Es wird erwartet, dass die gesellschaftliche Gesamtbedeutung der Nanotechnik wesentlich größer sein wird als die des auf Siliziumgrundlage integrierten Schaltkreises, weil sie in viel mehr Gebieten Anwendung finden wird als nur in der Elektronik“.²

Dieser imaginative Übergang von der alten zur neuen Technik legt nun nahe, dass die Darstellung der in den Weltraum hineinführenden Oberflächenlandschaft unserer Einbildungskraft ein unendliches Spielfeld bieten soll und dass der menschenleere Raum nur noch den imaginativen Eintritt des Menschen fordert. In der Bilderläuterung hieß es, dass die Verbindung der Oberflächenlandschaft mit kosmischer Bildhaftigkeit das unermessliche Potenzial der Nanowissenschaft hervorgerufen soll und auf der Rückseite der Broschüre wird noch einmal verdeutlicht, dass die kosmische Kulisse unsere Veränderungen und Erfindungen erwartet: Die von den Nanowissenschaften neu gewonnene Kontrolle über die Grundbestandteile alles Physischen, heißt es dort, „werde wahrscheinlich verändern, wie fast alles entworfen und hergestellt wird – von Impfstoffen über Computer und Autoreifen bis hin zu noch nicht imaginierten Gegenständen“.

Ob durch technische Artefakte, ob durch seine neu erworbenen Darstellungstechnik, ob durch die eingeladene Einbildungskraft vertreten, in jedem dieser Fälle wäre der Mensch nur mittels seiner Objektivierungsleistung gegenwärtig, als Techniker also, dem die vom Großen zum Kleinen weit aufgespannte Natur als veränderbarer, auffüllbarer Spielraum dient. Er schaut in diesen Raum hinaus, projiziert Objekte und Ideen hinein, und so ist es vielleicht ganz und gar nicht zufällig, dass Wissenschaftler sich als allererstes in den Nanobereich einschreiben, sobald sie eine gewisse Kontrolle über die Anordnung von Atomen erlangt haben. Die kleine Broschüre enthält gleich zwei Beispiele davon – und seither gibt es viele weitere –, wie mit Atomen der Name einer Firma oder Instituts oder das Wort „Atom“ buchstabiert wird, etwa so wie mancher seinen Namen in eine Baumrinde ritzt, um sich seine Gegenwart zu beweisen (NTSC-Bericht, S 4 u.6).

² Die Autoren der Broschüre zitieren sich hier, auf S 8 des Berichts, selbst, nämlich die Interagency Working Group on Nanoscience, Engineering and Technology.

Bei alledem begibt sich der Mensch aber nicht selbst in den Zwischenraum von Sternenhimmel und atomarer Oberflächenlandschaft. Er ist nicht etwa das Maß aller Dinge, über das sich Großes und Kleines proportioniert. Das menschliche Maß ist nurmehr eine Station im kontinuierlichen Durchgang vom Großen zum Kleinen und umgekehrt. Wir sehen das in der Broschüre bei der Verbildlichung „der unglaublichen Kleinheit von Nano“ (NTSC-Bericht, S 3), aber auch in rein der numerischen Darstellung der Hierarchie der Größenverhältnisse, in der der Mensch die Nummer Eins ist (Crandall 2000, S 3). Besonders deutlich wird dies in dem auch in der Nanoforschung immer wieder herbeizitierten Buch *Zehn^{Hoch}* von Philip und Phylis Morrison. Hier fährt der Blick auf das menschliche Normalmaß des einfachen Meters, 10^0 , zu, nur um erbarmungslos weiterzufahren, in den Menschen einzudringen und bei 10^{-9} Metern, also im Nanobereich auf eine Gruppe von Atomen zu stoßen, die die Bausteine unserer „genetischen Botschaft“ sind. Weiter heißt es da: „Hier wird in der Mitte ein Kohlenstoffatom sichtbar, das sich mit vier Wasserstoffatomen verbunden hat [...]. Ähnliche Verbindungen zwischen Kohlenstoff und Wasserstoff gibt es auch im Gas zwischen den Sternen“ (Morrison u. Morrison 1984).

Mit dieser fast beiläufigen Bemerkung eröffnet sich eine weitere Methode, dem jeglicher Sonder- oder Zentralstellung beraubten, unvermittelten und ortlosen Menschen doch noch einen, wenn auch räumlich distribuierten Standpunkt zuzuweisen. Die Strategie von *Zehn^{Hoch}* besteht ja gerade darin, zwar nicht beim Menschen stehen zu bleiben, aber eine Korrespondenz des ganz Kleinen und ganz Großen aufzuzeigen. Ob wir weit hinaus oder tief hineinschauen, den Weltall oder die molekulare Architektur der DNS betrachten, wir entdecken immer wieder die gleichen Strukturen. Und darum heißt es auch – ich zitiere die National Science Foundation – dass die Nanowissenschaft „vermutlich unser Verständnis des Universums verbessern wird, von lebenden Systemen bis hin zur Astronomie“ (NSF 2001; Roco et al. 1999, S 10f). Die Verbindung von atomarer Oberflächenlandschaft mit kosmischem Ausblick suggeriert also auch eine strukturelle Einheit oder Durchgängigkeit, der zufolge makroskopische Phänomene nicht etwa auf Elementarteilchen reduziert werden, sondern wo Phänomene aller Größenordnungen auf Strukturen reduziert werden, die auch in allen Größenordnungen vorkommen, uns somit schon aus der lebensweltlichen Erfahrung bekannt sind. Diese Strukturen werden gern als autokatalytische, komplexe Systeme bezeichnet und insofern sich Nanotechnologien die Selbstorganisation der Natur zunutze machen, wird sich die Nanowissenschaft vielleicht gerade dadurch auszeichnen, dass sie die Dynamik komplexer Systeme universalisierend erforscht (Nordmann 2002). In der Formulierung des Komplexitätstheoretikers Stuart Kauffman bewirkt die Erkenntnis, dass die Selbstorganisation eines Moleküls der gleichen Dynamik folgt wie beispielsweise die Produktentwicklung in der freien Marktwirtschaft, dass wir uns im Universum wieder zuhause fühlen dürfen (Kauffman 1995). Wir haben zwar keinen besonderen Ort, aber alles kommt uns irgendwie bekannt vor und es gibt keinen kategorialen Unterschied zwischen dem, was wir machen, und dem, was die Natur macht.

Die Broschüre beginnt: „Falls Sie einen Menschen in seine einfachsten Bestandteile zerlegen wollten, würden Sie kleine Behälter von Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff erhalten. Es gäbe ein paar lächerliche Häufchen Kohlenstoff, Kalzium und Salz. Sie würden auf ein paar Prisen Schwefel, Phosphor, Eisen und Magnesium schießen und auf winzige Spuren von etwa 20 weiteren chemischen Elementen. Gesamtwert im Handel: nicht viel. Mit ihrer eigenen Version dessen, was Wissenschaftler Nanotechnik nennen, verwandelt die Natur diese billigen, im Überfluss vorhandenen und leblosen Zutaten in sich selbst hervorbringende, selbst fortpflanzende, selbst reparierende, selbstbewusste Kreaturen, die gehen, schlängeln, schwimmen, schnüffeln, sehen, denken und sogar träumen. Gesamtwert: unermesslich“. Die Natur wird hier als Ingenieur betrachtet, der ein paar Zutaten in einen Zustand versetzt, in dem sie sich nanotechnisch selbst organisieren und somit ein höheres Komplexitätsniveau erreichen. Das Thema wird ein paar Seiten später noch einmal aufgenommen: „Selbst ein frühes Beispiel der Nanotechnik wie die chemische Katalyse ist wirklich ganz jung im Vergleich zur Nanotechnik der Natur selbst, die vor vielen Milliarden Jahren entstanden ist, als Moleküle begannen, sich in komplexen Strukturen zu organisieren, die Leben ermöglichten“ (NCST-Bericht, S 3).

Technikgestaltung und Weltgestaltung fallen somit ineinander, denn unsere Technik führt nur fort, wie die Technikerin Natur ein technisches Objekt namens Mensch oder Welt gestaltet hat. In dem Motto „shaping the world atom by atom“ gibt es also keine vorgefundene, bereits gestaltete Welt, die wissenschaftlich beobachtet und dargestellt, erkannt und verstanden werden muss, sondern es gibt nur die ein Atom nach dem anderen technisch gestaltete Welt, wobei es gar keinen Unterschied macht, ob es die Natur ist, die hier technisch tätig wird, oder ob wir diese als gestaltbares Artefakt gedachte Welt nach unseren Vorstellungen aufrüsten, überbieten und verbessern.³

Die Natur wird somit dem homo faber angeglichen, der sich nun im Universum wieder zuhause fühlen darf, weil die Welt ihm Spielzeug und Rüstkammer ist, so dass er sich in der unendlichen Weite ihres imaginierten Potenzials objektivieren darf. Und ein Mensch ist es insbesondere, der diesen grenzenlos verspielten homo faber repräsentiert. Er heißt Eric Drexler und kommt in unserer Broschüre nur namenlos vor. „Seit vielen Jahren“, heißt es da, „haben sich Futuristen, die in science fiction vertieft sind und in Jahrzehnte vorgehenden Zeiträumen denken, eine fantastische Zukunft ausgedacht, die mit Nanotechnologien aufgebaut ist. In jüngerer Zeit haben sich vorsichtigere, etablierte Wissenschaftler, die die Instrumente einer nanotechnischen Zukunft entwickeln, ihre eigenen Prognosen entwickelt, die auf ihrem eigenen Erkenntnis- und Erfahrungszuwachs basieren“ (NCST-Bericht, S 2). Die Broschüre verschweigt uns jedoch, wie die vorsichtigeren, etablierten Wissenschaftler die Rede von der Gestaltung der Welt ein Atom nach dem anderen einschätzen. In der Regel halten sie dies nicht für eine adäquate

³ Insofern verschwindet auch der Unterschied zwischen der „Überbietung der Natur“ und dem „Lernen von der Natur“. Solange wir die Natur als Ingenieur auffassen, nehmen wir uns ihr gegenüber nichts heraus, wenn wir uns vornehmen, sie neu zu erschaffen („remaking“ oder „shaping the world“). Vergleiche hierzu Schmidt 2002.

Charakterisierung des Machbaren. Zwar sei es möglich, sich spezifische Eigenschaften molekularer Architekturen technisch zunutze zu machen, aber die Manipulation einzelner Atome, die Zusammensetzung jedweden Gegenstands aus atomaren Zutaten, all dies wird weiterhin nur fantastischen Futuristen wie dem wissenschaftlich nicht etablierten Eric Drexler zugeschrieben.

Und so bin ich bei meiner ausführlichen Bildbetrachtung bei einem letzten aufschlussreichen Widerspruch angelangt. Es geht den Autoren dieser Broschüre keineswegs darum, Drexlers überzogene Versprechungen salonfähig zu machen, stattdessen soll es um eine kluge Investitionspolitik des amerikanischen Staatshaushalts gehen. Begründet jedoch werden diese durchaus vorsichtigen Empfehlungen⁴ in einer von Drexler geborgten, naturüberheblichen Sprache. Als ob es nicht reichte, für apparative und materiale Neuentwicklungen zu werben, wird hier der Wunsch auf eine Neuschöpfung der Welt geweckt. Über den Grund dieser Diskrepanz ließe sich weiter spekulieren, die These dieses Beitrages war, dass der Mensch sich mit Hilfe dieser Wunschvorstellung in ein freundliches Verhältnis zu den zukünftigen Techniken der nur scheinbar ganz kleinen, seiner Wahrnehmung und Kontrolle entzogenen Dinge versetzen möge.⁵

Bevor es derartige Techniken überhaupt gibt, entwickelt diese Broschüre also eine begriffliche Technik oder ideologischen Funktionszusammenhang, innerhalb dessen die versprochenen Neuerungen zunächst finanziert und später womöglich akzeptiert werden können. Beunruhigend ist hieran zweierlei. Derartige Techniken der Akzeptanzbildung greifen erstens den später fälligen Rechtfertigungen voraus und übernehmen schon einmal deren Funktion, nicht jedoch in der Form überzeugender Argumente, sondern durch einen euphorischen Ausblick in die unausweichlich schöne neue Welt, an die wir uns schon einmal gewöhnen sollen.⁶

⁴ Der NCST-Bericht läuft auf Seite 8 schließlich relativ konventionell auf bessere Computer, diagnostische und therapeutische Anwendungen (zum Beispiel bei der dosierten Verabreichung von Medikamenten), umweltfreundlichere Produktionsmethoden, leichtere und härtere Materialien hinaus.

⁵ Im Gegensatz zu Drexler wird Richard Feynman als intellektueller Vorreiter der Nanoforschung anerkannt. Auch in seinem vielzitierten Vortrag „Plenty of Room at the Bottom“ aus dem Jahr 1959 heißt es bereits: „The principles of physics, as far as I can see, do not speak against the possibility of maneuvering things atom by atom. It is not an attempt to violate any laws; it is something, in principle, that can be done; but in practice, it has not been done because we are too big“. Die oft gegen Drexler gerichteten, praktischen und theoretischen „Unmöglichkeitbeweise“ (wie Richard Smalleys „sticky fingers“ Argument) stellen somit die grundsätzliche Frage nach der Verortung von Nanoforschung zwischen physikalischer Ingenieurwissenschaft und chemischen Syntheseverfahren. Die Diskrepanz zwischen dem weitreichenden Titel „Shaping the World Atom by Atom“ und dem vergleichsweise vorsichtigeren Inhalt der Broschüre hätte somit den weiteren Grund, dass diese grundsätzliche Frage zunächst unentschieden bleiben soll.

⁶ Es ist beispielsweise bezeichnend, dass den Autoren der Broschüre die Fantasie ausgeht, wenn sie sich mit der Nanotechnologie möglicherweise verbundene Probleme vorstellen sollen. Wenn wir dank diverser Nanotechnologien länger leben werden, heißt es da, ver-

Zweitens ist zwar nicht anzunehmen, dass Wissenschaftler und Ingenieure naiv-enthusiastisch an die in dieser Broschüre gefeierte technische Überbietung der Natur glauben, wird diese Vision aber dennoch die Ausrichtung der Forschung definieren.

Meine vorsichtige Annäherung an das in Entwicklung begriffene Weltbild der Nanoforschung ist daher noch keine Ideologiekritik, bereitet allenfalls die Kritik an einem rhetorischen und heuristischen Leitbild vor, von dem wir noch nicht wissen können, ob es ideologisch wirksam wird. Molekularbiologen und Genetiker glauben in der Regel nicht an den genetischen Determinismus, und doch orientiert dieser Determinismus die Förderung, somit auch die Inhalte und die öffentliche Wahrnehmung genetischer Forschung. Es bleibt abzuwarten und zu befürchten, dass die technische Überbietung der Natur auch auf dem Banner der Nanoforschung stehen wird.⁷

Literatur

- Baeyer HC von (1992) Taming the Atom. Random House, New York
Crandall BC (2000) Molecular Engineering. In: Crandall BC (Hrsg) Nanotechnology: Molecular Speculations on Global Abundance. MIT Press, Cambridge
Joy B (2000) Why the Future Doesn't Need Us, Wired
Kauffman S (1995) At Home in the Universe. The Search of the Laws of Self-Organization and Complexity. Oxford University Press, New York
Morrison P (1984) ZehnHoch. Zweitausendeins, Frankfurt am Main
New York Times (1991) Atom by Atom. Scientists Build "Invisible" Machines of the Future. New York Times, 26. November 1991
Nordmann A (2002) Nanoscale Research: Application Dominated, Finalized, or „Techno“-Science? Vortrag bei der Europäischen Akademie, 14.9.2002, im Entwurf zu finden unter <www.cla.sc.edu/specs/AN1.html>).
NSF (2001) National Science Foundation. Nanoscale Science and Engineering- Program Solicitation for FY 2002. Washington. Darin die Programmbeschreibung: Societal and Ethical Implications of Scientific and Technological Advances on the Nanoscale.
NSTC (1999) National Science and Technology Council. Nanotechnology. Shaping the World Atom by Atom, abrufbar unter <<http://itri.loyola.edu/nano/IWGN.Public.Brochure>>.

schärft sich das Weltbevölkerungsproblem. Und wenn unsere Computer wesentlich besser werden, werden Sicherheitsschlüssel leichter zu entschlüsseln sein, siehe S 8 des NSCT-Berichts.

⁷ Eine Alternative für die Nanoforschung hierzu wäre, sich das Lernen von der Natur auf das Banner zu schreiben (wie es beispielsweise in der Bionik geschieht). Ein Vergleich zwischen Genetik, Nanotechnik, Bionik könnte erforschen, ob dies nur ein semantisches Manöver wäre oder die technische Entwicklung konkret beeinflussen könnte. (Ich danke Mathias Gutmann für den Vorschlag einer solchen vergleichenden Studie, siehe hierzu aber auch Anmerkung 3).

- Regis E (1995) Nano – the Emerging Science of Nanotechnology. Remaking the World – Molecule by Molecul. Little, Brown, Boston
- Roco MC, Williams RS, Alivisatos P (Hrsg) (1999) Nanotechnology Research Directions. IWGN Workshop Report - Vision for Nanotechnology R&D in the Next Decade. Kluwer, Dordrecht
- Schmidt JC (2002) Wissenschaftsphilosophische Perspektiven der Bionik. Thema Forschung - Technische Universität Darmstadt, Heft 2; S 14-19
- Storrs Halls J (2000) Utility Fog. The Stuff That Dreams Are Made Of. In: B.C. Crandall (Hrsg) Nanotechnology. Molecular Speculations on Global Abundance, S 161-184. MIT Press, Cambridge