

*Alfred Nordmann*

## Mit der Natur über die Natur hinaus?

Am Ursprung der Nanotechnologie steht die Vorstellung, sie könne mit der Natur über die Natur hinausgehen. Diese Vorstellung erklärt sich bisweilen mit überraschender Deutlichkeit, bisweilen schwingt sie latent mit. Oft ist sie rhetorische Begleitmusik zu konventioneller Forschung, manchmal benennt sie entlegene Möglichkeiten. Dieser visionäre Topos oder (Alp-)Traum der Vernunft<sup>1</sup> will näher beleuchtet werden. Dabei gilt es vor allem, seine Merkwürdigkeit, gar „Verrücktheit“ zu würdigen, also die intendierte Verrückung traditioneller Kategorien und Erwartungen, die Verbiegung der Sprache, die Dehnung überlieferter Begriffe. Damit soll die Bedeutung dieser Vorstellung nicht in Frage gestellt, wohl aber kritische Distanz zu ihr ermöglicht werden – eine Distanz in bezug auf technische Realisierbarkeit, die von einem vorausseilenden ethischen Diskurs nicht einfach unterstellt werden sollten,<sup>2</sup> aber auch in bezug auf die keineswegs wirkungslosen Sehnsüchte und Hoffnungen, für die die Nanotechnologie als Projektionsfläche dient.

Die Vorstellung, wir könnten mit der Natur über die Natur hinausgehen, ist nicht neu, hat eine lange Vorgeschichte zumindest in der Alchemie und anderen magischen Wissenschaften, aber auch in Selbstorganisationstheorien und nicht zuletzt in der Bionik. Wenn an dieser Vorstellung im Kontext der Nanotechnologie etwas neu ist, dann sind es die Unscheinbarkeit und die scheinbare Selbstverständlichkeit, die mit ihr einhergehen. Prominent wahrnehmbar ist sie eigentlich nur in den vage auf der Nanotechnologie basierenden Debatten über den sogenannten Transhumanismus und dessen Ziel einer technisch erweiterten menschlichen Natur. Nicht wahrgenommen wird diese Vorstellung jedoch dort, wo sie sich als grundlegend erweist,

1 J.-P. Dupuy, „Some Pitfalls in the Philosophical Foundations of Nanoethics“, in: *Journal of Medicine and Philosophy*, 32(3)/2007, S. 237-261, hier S. 242.

2 A. Nordmann, „If and Then: A Critique of Speculative NanoEthics“, in: *NanoEthics*, 1(1)/2007, S. 31-46.

nämlich bezüglich einer technischen Steigerung oder Überbietung der stofflichen Natur. Diese Vorstellung muß zunächst ans Licht gebracht werden, ehe sie historisch angemessen kontextualisiert und philosophisch gewürdigt werden kann. Nur dem ersten Schritt kann ich mich hier zuwenden und darüber hinaus nur einen Ausblick anbieten. Selbst diesen ersten Schritt jedoch vollziehe ich nicht, indem ich den dokumentarischen Nachweis dafür führe, daß zu den Gründungsmythen einer einheitlich verfaßten „Nanotechnologie“ die Erwartung gehört, sie werde mit der Natur über die Natur hinaus gehen.<sup>3</sup> Statt dessen beginne ich mit der Frage, wie sich der Parole „mit der Natur über die Natur hinaus“ überhaupt Sinn verleihen läßt und wie ihr die Nanotechnologie Sinn verleihen soll. Und erst im Zuge dieser Untersuchung stoße ich auf Beispiele, die die zentrale Bedeutung dieser Vorstellung für die Nanotechnologie zumindest andeuten.

### *1. Mit physikalischem Wissen über biologische Gegebenheit hinaus*

Zunächst klingt die Parole „mit der Natur über die Natur hinaus“ zu fragwürdig, um sie für besonders belastbar zu halten, und vielleicht steht sie auch darum unausgesprochen im Hintergrund. Ein Ansatz, ihr Sinn zu verleihen, besteht nun darin, das zweifach vorkommende Wort „Natur“ mit verschiedenen Indices zu versehen: Mit Natur<sub>1</sub> über Natur<sub>2</sub> hinaus, wobei Natur<sub>1</sub> die gesetzmäßige Natur des Physikers wäre und Natur<sub>2</sub> die vorgefundene Gesamtheit der Lebensbedingungen, mit der sich etwa die Evolutionsbiologie oder Ökologie beschäftigt. Hiernach ginge die Nanotechnologie also mit den Prinzipien, Regeln oder Gesetzen der Natur im Sinne der Physik über das hinaus, was uns Natur oder natürliche Umwelt unter evolutionären und ökologischen Gesichtspunkten ist. In dieser zweifachen Verwendung des Naturbegriffs steckt nun aber eine gewisse Unlauterkeit, welche die Nanotechnologie, Bionik oder Nanobiotechnologie gleichermaßen heimsucht. Der erstgenannte physikalische Naturbegriff ist nämlich „dünn“. Jegliche Existenz ist ihm kontingent, insbesondere die Existenz des Menschen oder der Erde als eines von Men-

<sup>3</sup> Es wäre auch nicht einfach, diesen Nachweis systematisch und methodisch einwandfrei zu führen, ohne sich den Vorwurf von Selektivität oder Überinterpretation einzuhandeln.

schen bewohnbaren Ortes. Wer sich auf die Ebene der Moleküle begibt und die Perspektive einnimmt, wie Moleküle einander „sehen“ (um eine gern gebrauchte Metapher zu zitieren), der sieht gewisse kategoriale Unterschiede nicht und somit auch nicht das, was wir gemeinhin „Leben“ nennen. Dagegen ist der biologische Naturbegriff „dick“.<sup>4</sup> Ihm sind die speziellen Lebensbedingungen wesentlich, die sich im Laufe der Evolution herausgebildet haben. Wer gemeinhin von Nachhaltigkeit, von Umwelt- und Ressourcenproblemen spricht oder von einer Würde des Besonderen gegenüber dem Allgemeinen, der argumentiert nicht auf der Nanoskala, sondern kommt von menschlichen Größenordnungen und Lebensbedingungen her. „Mit Natur<sub>1</sub> über Natur<sub>2</sub> hinaus“ hieße dann also, in bezug auf die abstrakte Regelmäßigkeit von Naturprinzipien die kontingent gegebenen speziellen Lebensbedingungen zu überbieten. In einigen der pointiertesten Formulierungen ist dementsprechend von der Nanotechnologie als einer zweiten Schöpfungsgeschichte die Rede oder davon, daß wir von nun an die Evolution in die eigene Hand nehmen können.<sup>5</sup>

4 Die Unterscheidung von „dick“ und „dünn“ geht auf das zurück, was zunächst von G. Ryle als „thick“ und „thin description“ bezeichnet und dann von C. Geertz für die Ethnographie aufgegriffen wurde: Der physikalische Naturbegriff gibt eine vergleichsweise dünne Beschreibung, die die Kontingenz des Gegebenen nicht erfaßt. Vgl. G. Ryle, „The Thinking of Thoughts. What is ‚Le Penseur‘ Doing? [1968]“, in: ders., *Collected Papers*, Bd. 2, New York 1971, S. 480-496 sowie C. Geertz, „Thick Description: Toward an Interpretive Theory of Culture“, in: ders., *The Interpretation of Cultures*, New York 1973, S. 3-30.

5 H. Stoermer, Nobelpreisträger für Physik, wird in einem Gründungsdokument der Nanotechnologie mit diesen Worten zitiert: „Nanotechnology has given us the tools ... to play with the ultimate toy box of nature – atoms and molecules. Everything is made from it ... The possibilities to create new things appear limitless“ (zitiert nach: National Science and Technology Council (NSTC) (Hrsg.), *Nanotechnology. Shaping the World Atom by Atom*, Washington 1999, S. 2). Deutlicher äußert sich G. Binnig, der für die Entwicklung des Rastertunnelmikroskops ebenfalls einen Nobelpreis erhielt. In bezug auf die Nanotechnologie spricht er explizit von einer zweiten Schöpfungsgeschichte: „Der Mensch ist in diesem Moment Zeitzeuge und Gestalter einer zweiten Genesis, einer grundlegend neuen Evolution von materiellen Strukturen, die wir heute noch nicht einmal richtig benennen können.“ (G. Binnig, Vorwort in: N. Boeing, *Alles Nano?! Die Technik des 21. Jahrhunderts*, Berlin 2004, S. 7-9, hier S. 7.) Binnig pointiert die hier diskutierte Auffassung in seinem *Aus dem Nichts*: „Wir müssen uns mit dem Gedanken vertraut machen, daß selbst tote Materie nichts Minderwertiges ist [...] In einem Stein zum Beispiel sind alle Wunder dieser Welt enthalten, denn alle Naturgesetze – und damit alle Möglichkeiten, die aus ihnen resultieren können – spiegeln sich in

Die erwähnte gewisse Unlauterkeit ergibt sich nun daraus, daß diese Konstruktion des „mit Natur<sub>1</sub> über Natur<sub>2</sub> hinaus“ eine opportunistische Argumentationsweise erlaubt, wonach sich die Nanotechnologie auch dann als naturgemäß rechtfertigt, wenn sie nach Maßstäben der Nachhaltigkeit oder des Naturschutzes gegen die Natur und den Erhalt menschlicher Lebensbedingungen vorgeht: Sie ist an die uns gegebene Natur<sub>2</sub> auf keine Weise gebunden und verstößt dabei doch in keiner Weise gegen eine mit Natur<sub>1</sub> benannte Naturordnung, gegen die ohnehin nicht verstoßen werden kann, da sie naturgesetzlich vorgegeben ist.<sup>6</sup> Tatsächlich kommt „nature’s own nanotechnology“ auch schon dann zur Sprache, wenn es um ganz normales „Schlüssel-und-Schloß“-Kausalgeschehen auf der Nanoebene geht,<sup>7</sup> und nicht erst wenn Muscheln ihre Schalen bauen oder wenn mittels DNS- und RNS-Molekülen Proteine und aus Proteinen Organismen erzeugt werden. Anders ist auch das Wort „incidentally“ nicht zu verstehen, wenn der Chemiker R. Hoffmann zu Protokoll gibt: „Nanotechnology is the way of ingeniously controlling the building of small and large structures, with intricate properties; it is the way of the future, a way of precise, controlled building, with incidentally, environmental benignness built in by design.“<sup>8</sup> Von vornherein und wie nebenher sei also die ökologische Gutartigkeit der Nanotechnologie gegeben, denn sie kann ja gar nicht anders, als den Prinzipien der Natur zu folgen und den Naturgesetzen zu gehorchen. Ganz von selbst, hieß es zugespitzt an anderer Stelle, werden sich die Umweltprobleme lösen, wenn wir erst einmal die Nanotechnologie

ihm.“ (G. Binnig, *Aus dem Nichts: Über die Kreativität von Natur und Mensch*, München 1992, S. ###)

- 6 Die Bionik steht seit längerer Zeit unter dem Verdacht, daß sie diesen Kunstgriff anwendet: „Auch die Bionik hat also keinen direkten, unvermittelten, wertfreien Zugang zur Natur. Vielmehr wählt die Bionik einen technikvermittelten und technikinduzierten Zugang zur Natur, um vom technisch verstandenen Leben zur lebensoptimierten Technik überzugehen: Nicht vom Leben zur Technik, sondern von der Technik zum Leben!“ (J. C. Schmidt, „Wissenschaftsphilosophische Perspektiven der Bionik“, in: *Thema Forschung. Das Wissenschaftsmagazin der Technischen Universität Darmstadt*, 2/2002, S. 19).
- 7 Siehe etwa E. Thiel, „Die optische Nanonase: Wie Geruchsbilder Fälschern das Handwerk legen könnten“, Vortrag auf dem Workshop „Reduce to the Max: Medienminiaturisierung im Fokus von Natur- und Kulturwissenschaften“ an der Universität Siegen vom 18.-19.10.2007.
- 8 Zitiert nach National Science and Technology Council (NSTC) (Hrsg.), *Nanotechnology*, S. 4.

haben<sup>9</sup> – denn wer sich ohne Umschweife und Umwege an der prinzipiellen Arbeitsweise der Natur orientiert, komme auch direkt ans Ziel, effizient, ohne Abfall zu produzieren und ohne Ressourcen zu vergeuden. Ja, wer diese Prinzipien einmal versteht, der kann die vorgefundene Natur<sub>2</sub> im Licht dieser Prinzipien bewerten und relativieren und sieht dann etwa, daß sich im Verlauf der Evolutionsgeschichte Ineffizienzen und Redundanzen eingeschlichen und festgeschrieben haben. So stellt der Nanoforscher F. Kampers fest, daß Kühe außerordentlich ineffiziente Fleischproduzenten sind und daß eine nachhaltige, eine grüne Nanotechnologie Fleisch effizienter im Labor herstellen würde.<sup>10</sup> F. Dyson meint sogar, Nano- und Biotechnologien, aber insbesondere die Synthetische Biologie, könnten den Irrweg der Evolutionsgeschichte insgesamt korrigieren. Eine grüne Biotechnologie müsse sich nicht mehr verzweifelt um die Artenvielfalt sorgen, da es überhaupt keine Arten mehr geben muß, wenn einmal eine beliebige Vielfalt von Phänotypen gentechnisch erzeugt werden kann.<sup>11</sup>

Ob all dies nun eine Perversion der Bionik, des Nachhaltigkeitsgedankens, der Idee einer „grünen Technologie“ darstellt oder nicht, lasse ich offen. Deutlich ist jedoch, daß es die rein physikalisch gedachte Natur<sub>1</sub> ist, die hiernach den Möglichkeitsraum oder Erwartungshorizont der Nanotechnologie eröffnet: Alles, was nicht den Naturgesetzen widerspricht, gilt schon als technisch möglich und erlaubt. So wenig sich die Forschung auf die Natur<sub>2</sub> als ihr technisches Vorbild, ihre regulative Idee oder ihre einschränkende Vorgabe festlegen will, so wenig traut sie sich zu, technische und physikalische Möglichkeit voneinander zu unterscheiden. Damit gibt sie sich freie Hand, gemäß des Mottos „shaping the world atom by atom“ im Namen der physikalischen Natur<sub>1</sub> eine gegebenenfalls ganz neue,

9 So hieß es im Einführungsvortrag des „Wuppertal Instituts“ bei einer vom europäischen „NanoDialogue“-Projekt veranstalteten Bürgerkonferenz am 7. Oktober 2006 im Deutschen Museum München.

10 Präsentation beim „NanoBioRaise Second Horizon Scanning Workshop“, 19. bis 20. März 2007, Frankfurt a. M. Siehe auch das Interview mit Kampers im *BBC Focus Magazine*, Nr. 175/April 2007, S. ###.

11 F. Dyson macht eine einzige Ausnahme für die menschliche Art: Sie dürfe und werde wohl erhalten bleiben, allein darum, weil sie es schließlich ist, die andere Organismen biotechnologisch synthetisiert (vgl. F. Dyson, „Our Biotech Future“, in: *New York Review of Books*, 54(12)/2007, S. 4-7 sowie unter <http://www.nybooks.com/articles/20370> (letzter Aufruf: 28.4.08; 14:15 h).

ganz andere Natur<sub>2</sub> zu erschaffen, letztere zumindest technisch zu optimieren und selbst nach grünen Konstruktionsprinzipien zu überbieten. „Mit Natur<sub>1</sub> über Natur<sub>2</sub> hinaus“ bedeutet demnach eine Steigerung, Überhöhung, Intensivierung oder *enhancement* der Natur, in der wir uns als Lebewesen vorfinden und der wir verdanken, daß dieser Planet ein für uns bewohnbarer Ort ist.

## II. Technische Selbststeigerungsprozesse der Natur

Es mag noch diverse weitere Möglichkeiten geben, der paradox klingenden Formulierung „mit der Natur über die Natur hinaus“ einen nanotechnologischen Sinn zu verleihen. Mir will aber nur eine zweite sinnvoll erscheinen.<sup>12</sup> Hierbei handelt es sich um einen gleichermaßen subtileren und naiveren Ansatz, der überlieferte Begriffe von Natur und Technik in ihrem Verhältnis zueinander auf die Probe stellt.

Nach dieser zweiten Lesart wird das Wort „Natur“ nicht bewußt zweideutig, nämlich ganz klassisch einerseits im Sinne physikalischer Natur und andererseits im Sinne biologischer Natur gebraucht. Vielmehr wird der Naturbegriff von vornherein technisch gefaßt: Die Natur ist ein Ingenieur, verfolgt technische Prozesse der Selbstbildung und geht somit über sich selbst hinaus. Hiernach ist die Natur ein technisches System, ein Prozeß- und Eigenschaftszusammenhang, der wie alle technischen Systeme extrapolierbar und steigerungsfähig ist, und zwar nicht im Sinne der biologischen Evolution mit ihrem gradualistischen Mechanismus der Selektion und der Anpassung, sondern im Sinne von Algorithmen und Verfahren, die zur Steigerung des Systems Natur mobilisiert werden können. Die zweifache Erscheinung des Wortes „Natur“ bezieht sich in diesem Fall auf die zwei Erscheinungen des einen Prozesses. Anachronistisch ausgedrückt, lautet das Motto dieses technischen Programms somit: „Mit der *natura naturans* über die *natura naturata* hinaus.“ Unter *natura naturans* fallen nun die dynamischen Prinzipien, die eine je kontingente und

<sup>12</sup> Hier ist zu beachten, daß es darum geht, der Formulierung einen „nanotechnologischen“ Sinn zu geben. Im Prinzip wäre nämlich ein weiterer Kandidat die naturphilosophisch autopoietische Variante, von der sich meines Erachtens die im folgenden dargestellte (nano)technische Sichtweise klar abgrenzt.

darum in ihrer Erscheinung immer fragwürdige und unvollkommene *natura naturata* darstellen oder realisieren.

Wenn es nun heißt, daß die jeweils gegebene *natura naturata* durch die *natura naturans* intensiviert, gesteigert, überboten oder verbessert wird, so bedeutet dies nicht etwa bloß, daß es naturgeschichtlich einen nächsten, vielleicht höheren, neu organisierten Naturzustand jenseits des jetzigen geben wird, der alles Vorhergegangene in einem Bildungsprozeß erhält und verarbeitet.<sup>13</sup> Vielmehr geht es um Gestaltungsprozesse und die gemeinte Steigerung bezieht sich auf eine radikale Befreiung und Freisetzung der Natur durch die Technik, was eine Verbesserung der Natur und die Erhöhung ihrer Effizienz nur mit sich führt. Damit rückt das Selbststeigerungsmotiv in eine ideengeschichtliche Tradition, die einem technisch gefaßten Naturbegriff zunächst fremd ist.

Es mag in der Tat unerhört erscheinen, als einen technischen Naturbegriff zu deuten, was inzwischen vornehmlich mit einer idealistisch-romantischen Naturphilosophie und der dynamischen Auffassung Schellings verbunden wird. Eben dies jedoch leistet die Nanotechnologie und leisten auch die ethisch-naturphilosophischen Diskurse der Gegenwart.<sup>14</sup> Und hierin besteht die Pointe der zweiten Lesart: Wenn sich über die Nanotechnologie etwas Neues, Anderes ankündigt als das, was wir aus überlieferten Debatten und technischer Hochstapelei kennen, dann steckt es in dieser nur halb-bewußten Aneignung eines naturphilosophischen Topos zugunsten eines technischen Programms.<sup>15</sup> Das Neue und Andere steckt auch in der unbekümmerten Zuversicht, mit der diese Aneignung vollzogen wird und somit gerade in der Abwesenheit einer naturphilosophischen und erkenntnistheoretischen Reflexion auf Grenzen des Wissens und der Kontrolle, auf die methodologische Fragwürdigkeit, vielleicht Unhalt-

13 Nur G. Khushf postuliert einen Bildungsprozeß für die Nanotechnologie und bahnt ihr diesen Weg. Siehe G. Khushf, „An Ethic for Enhancing Human Performance Through Integrative Technologies“, in: W. S. Bainbridge, M. Roco (Hrsg.), *Managing Nano-Bio-Info-Cogno Innovations: Converging Technologies in Society*, New York 2007, S. 255-278.

14 Das Schellingsche Motiv hat natürlich Vorläufer, insbesondere Spinoza und Nachfahren, wie auch Charles Sanders Peirce, dessen Naturphilosophie bereits technowissenschaftlich gefaßt ist. Siehe hierzu meinen Aufsatz „Die Hypothese der Wirklichkeit und die Wirklichkeit der Hypothesen“, in: A. Hetzel, J. Kertscher, M. Rölli (Hrsg.), *Pragmatismus – Philosophie der Zukunft*, Weilerwist 2008 (im Druck).

15 Dieses Neue und Andere ist beispielsweise durch die Automatentheorie J. von Neumanns vorbereitet worden.

barkeit des technischen Programms. Angesichts ihrer technischen Verwendung sind die Begriffe *natura naturans* und *natura naturata* anachronistisch. Im folgenden soll daher die „Verrücktheit“ im technischen Bezug auf autopoietische Prozesse gezeigt werden, die zu solchem Anachronismus zwingt.

### Enhancements

Worin besteht nun das nanotechnologische Programm der Befreiung oder Freisetzung der Natur? Viel diskutiert ist es gegenwärtig vor allem in Bezug zum *human enhancement* und somit zum Diskurs über die Steigerung der menschlichen Natur: Den in der Nanotechnologie wurzelnden *converging technologies* geht es um die Verwirklichung des noch keineswegs voll entwickelten menschlichen Potentials.<sup>16</sup> Gewöhnlich werden diese transhumanistischen Techno-Phantasmen nicht in den Zusammenhang einer naturphilosophischen Teleologie der Selbststeigerung gestellt, sondern in bezug auf die technische Perfektionierung des Mängelwesens Mensch diskutiert.<sup>17</sup> Dies verfehlt jedoch die Besonderheit eines Diskurses, der sich insbesondere auf nanotechnologische Ansprüche und Errungenschaften bezieht.

Der Begriff „*converging technologies*“ wird mit „technologische Konvergenz“ übersetzt. Er bezeichnet die Integration von Bio- und Informationstechnologien mit kognitionswissenschaftlichen Erkenntnissen und Zielsetzungen auf der nanoskalig-molekularen Ebene. Die im Nanobereich wirksamen natürlichen Selbstorganisationsprinzipien sollen somit in die technische Gestaltung eines neuen Menschen, in die Steigerung seiner körperlichen und geistigen Leistungsfähigkeit einfließen. Erst im Verbund mit den selbstorganisierenden *bottom-up*-Strategien der Natur kann sich die Perfektionierung vollziehen. Der hohe Anspruch dieses Programms, das angesichts einer Erneuerung der Wissenschaften eine „neue Renaissance“ in Aussicht stellt,<sup>18</sup>

16 M. C. Roco, W. S. Bainbridge (Hrsg.), *Converging Technologies for Improving Human Performance. Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science*, Arlington/VA 2002.

17 Zur Mängelwesen-These bei Gehlen vergleiche den Beitrag von T. Göller in diesem Band.

18 M. C. Roco, W. S. Bainbridge (Hrsg.), *Converging Technologies for Improving Human Performance*, S. 1 ff.

legt als deutsche Übersetzung Ernst Blochs Begriff der „Allianztechnik“ nahe, die von der gegenseitigen Bedingtheit einer Befreiung des Menschen und der Natur ausgeht.<sup>19</sup> Spätestens hiermit treten die *converging technologies* aus einer anthropologisch gedachten Technikgeschichte heraus und in eine Allianz oder „Verhakung ohnegleichen“, die den „wirklichen Einbau der Menschen in die Natur“ bedeutet.<sup>20</sup> Für die gegenwärtig so intensiv geführten Debatte über die Technologien zur Steigerung menschlicher Fähigkeiten ergibt sich hieraus ein neuer Zusammenhang: Das *human enhancement* erscheint nun als Grenzfall am Horizont eines allgemeineren Programms des *enhancement* der stofflichen Natur.

#### Neue Nachbarn für freie Atome

Die technische Aneignung des naturphilosophischen Topos einer sich selbst steigernden Natur findet im Begriff des „*enhancement*“ einen treffenden Ausdruck.<sup>21</sup> Damit ist insbesondere in bezug auf die stoffliche Natur allerdings noch nicht beantwortet, wie sich die Idee einer nanotechnisch befreiten Natur konkret manifestiert. Ein erster Anhaltspunkt führt auf eine der Gründungsgeschichten der Nanotechnologie zurück.<sup>22</sup>

In bezug auf konkrete Anwendungen der Nanotechnologie sind derzeit vor allem Nanopartikel im Gespräch. Sie kommen zwar natürlich vor und werden auch schon seit vielen Jahren handwerklich und industriell hergestellt, aber ihre technisch vielversprechende Be-

19 G. Khushf stellt diesen Bezug auf Bloch zumindest im Gespräch explizit her (siehe G. Khushf, „An Ethic for Enhancing Human Performance Through Integrative Technologies“). Vergleiche hierzu auch meinen Aufsatz „Renaissance der Allianztechnik? Neue Technologien für alte Utopien“, in: B. Sitter-Liver (Hrsg.), *Utopie heute. Zur aktuellen Bedeutung, Funktion und Kritik des utopischen Denkens und Vorstellens*, Bd. 1, Fribourg 2007, S. 261-278.

20 E. Bloch, *Das Prinzip Hoffnung*, Frankfurt a. M. 1973, S. 817.

21 Bemerkenswert ist hier die implizite Entgegensetzung der ethisch und naturphilosophisch ganz unterschiedlich konnotierten Metaphern des „*human enhancement*“ und des „*human flourishing*“.

22 Für eine genauere Darstellung dieser Geschichte und zum folgenden siehe meinen Aufsatz „Unsichtbare Ursprünge. Herbert Gleiter und der Beitrag der Materialwissenschaft“, in: A. Nordmann, J. Schummer, A. Schwarz (Hrsg.), *Nanotechnologien im Kontext. Philosophische, ethische und gesellschaftliche Perspektiven*, Berlin 2006, S. 81-96.

sonderheit wird erst seit den frühen 1980er Jahren gewürdigt. Interessant ist also nicht die Neuheit der Nanopartikel selbst. Ihre „Geburtsstunde“ ist vielmehr durch die Art und Weise bestimmt, in der ihre Besonderheit durch den Saarbrücker, später Karlsruher Materialforscher und Nanowissenschaftler H. Gleiter charakterisiert wurde.

Materialeigenschaften werden traditionell von der Festkörperphysik her bestimmt. Diese geht von Kristallstrukturen aus und von der Tatsache, daß fast alle Atome eines Festkörpers in bestimmte Kristallgitter eingebunden sind und sich vergleichsweise wenige an seinen Oberflächen oder an aufgrund von Versetzungen in den Körper eingeführten Grenzflächen befinden. Im Kristallgitter liegen die Nachbarschaftsbeziehungen der Atome fest. Schon 1972 fragten H. Gleiter und B. Chalmers danach, „wie sich die Abweichung vom perfekten Kristall vorstellen läßt“. Dabei interessierte sie insbesondere die Frage, was passiert, „wenn sich das Atom nämlich in eine Position bewegt, in der sich die Nachbarschaftskonfiguration ändert und die Abweichung vom interatomaren Abstandsgleichgewicht außerhalb des Hookeschen Bereichs liegt“.<sup>23</sup> Die entsprechende technische Vision legte Gleiter zusammen mit ersten experimentellen Befunden 1981 vor: Wenn ein Körper so klein ist, daß mehr als 50 % seiner Atome im Oberflächenbereich lokalisiert sind, und wenn dieser Körper nun mit anderen Körpern dieser Art zu einem neuen Material kompaktiert wird, dann entstehen neue Freiheitsgrade und unvorhersehbare Materialeigenschaften aus den resultierenden Nachbarschaftskonfigurationen an den zahlreichen Grenzflächen, die das kompaktierte Material nun dominieren.<sup>24</sup> Aus ihren Kristallgittern befreit, treten Atome in neue Nachbarschaftsbeziehungen ein und erschließen somit neue technische Potentiale. Für die Entdeckung und Nutzung dieser Potentiale sind die Struktureigenschaften des gewonnenen Materials (die Kristallstrukturen, aus denen die Nanopartikel gewissermaßen herausgebrochen wurden) unwesentlich, die am gewonnenen Material überhaupt erst beobachtbaren Eigenschaften hingegen entscheidend.

Befreiung der stofflichen Natur ist hier also ganz buchstäblich die „Befreiung“ der Atome aus der „Übermacht“ der Kristallgitter, worin

23 H. Gleiter, B. Chalmers, *High-Angle Grain Boundaries*, Oxford 1972, S. 2.

24 H. Gleiter, „Materials with Ultra-Fine Grain Sizes“, in: N. Hansen, T. Leffers, H. Lilholt (Hrsg.), *Proceedings of the Second Risø International Symposium on Metallurgy and Materials Science*, Roskilde 1981, S. 15-22.

sich ein struktur-ungebundenes freies Spiel von Eigenschaften begründet und sich ein Raum neuer stofflicher Möglichkeiten eröffnet, der zumindest eine technische Erweiterung der Natur darstellt.

### Lizensierbare Eigenschaften

Was zunächst wie eine bloß metaphorische Überhöhung eines materialwissenschaftlichen Zugangs zu immer kleineren Korngrößen mit immer größeren Grenzflächen klingt, zeitigt einen euphorisierenden Freiheitsrausch bei denen, die Nanopartikel gewinnbringend vermarkten wollen. Beispielhaft sei hier die Firma Evonik Degussa genannt, die ihr neues Geschäftsmodell an der Nanotechnologie und die Nanotechnologie an ihrem neuen Geschäftsmodell orientiert.<sup>25</sup> Unter dem Stichwort „Was ist Nanotechnologie?“ heißt es dort ganz selbstverständlich: „Mit Stoffen, die Strukturen im Nanometerbereich aufweisen, sind oft andere, völlig neue Eigenschaften möglich. Diese Effekte werden für innovative oder verbesserte Produkte genutzt.“<sup>26</sup> Was sich hinter dieser harmlos klingenden Formulierung verbirgt, wird insbesondere durch die Geschichte eines Stoffs namens Aerosil® deutlich, den Degussa bereits seit 60 Jahren in großer Menge produziert, der sich im Zeichen von „nano“ zwar nicht in seiner chemischen Zusammensetzung, trotzdem aber in seiner Seinsweise verändert hat.

Aerosil® ist ein nanostrukturiertes Pulver, das zu allerhand gut ist und in vielen technischen Anwendungen vorkommt. Solange dieses Pulver als Stoff mit einer zu erzeugenden Struktur gedacht wurde, bestand Degussas Beitrag in seiner industriellen Fertigung und dem Verkauf großer Mengen dieses Produkts. Die Käufer waren es, die es in weitere Produktzusammenhänge stellten, weiterverkauften und die seine Eigenschaften zu nutzen wußten. Von der Nanotechnologie her gedacht, ist Aerosil® kein produziertes Pulver mehr. Seine der nanostrukturierten Oberfläche verdankten Eigenschaften repräsen-

25 Evonik Degussa nimmt an zahlreichen öffentlichen Dialogen und politischen Initiativen zur Nanotechnologie teil (siehe zum Beispiel die explizite Stellungnahme zum verantwortlichen Umgang mit der Nanotechnologie unter <http://www.degussa-nano.com/nano/de/dialog/positionen/leitlinienanotechnologie> (letzter Aufruf: 28.4.08; 13:40 h)).

26 Evonik Degussa GmbH, „Was ist Nanotechnologie?“, o. J., abrufbar unter [http://www.degussa-nano.com/nano/de/nanotechnologie\\_bei\\_degussa](http://www.degussa-nano.com/nano/de/nanotechnologie_bei_degussa) (letzter Aufruf: 28.4.08; 13:40 h).

tieren vielmehr Lösungen für vielfältige technische Probleme. Dementsprechend wird Aerosil® nicht mehr vornehmlich als Pulver verkauft, sondern als „innovative Problemlösung“ beispielsweise in Dispersionen, die den Bedürfnissen der Abnehmer gerecht werden.<sup>27</sup> Der in 50 Jahren nach und nach gewöhnlich und insofern auch langweilig gewordene Stoff ist somit in letzter Zeit ein Bündel attraktiver Eigenschaften geworden – und was Evonik Degussa verkauft, ist das Wissen um diese Eigenschaften und ihre Fertigkeit des Umgangs mit ihnen. Im Gegensatz zum Stoff wechselt dieses Wissen beim Verkauf nicht seinen Besitzer: Wie der Käufer eines Software-Pakets darf der Abnehmer von Aerosil® dieses Wissen nutzen, ohne sein Eigentümer zu werden.

Dieser Übergang von einer über die Struktur ausgeübten Kontrolle zur kreativen Verwertung nützlicher Eigenschaften entspricht einer Rekontextualisierung dieser Eigenschaften, die nun nicht mehr vorrangig in Abhängigkeit zur Struktur gedacht werden, sondern in bezug auf ihre Funktionalisierbarkeit und ihren Problemlösungscharakter im Kontext möglicher Anwendungen.<sup>28</sup> Nachdem sich die Nanoforschung der Entdeckung überraschender Eigenschaften in einem Größenbereich verschrieben hat, in dem es keine gesetzmäßigen Struktur-Eigenschaftsbeziehungen mehr gibt, zelebriert die Firma Evonik Degussa die befreiende Ablösung funktionalisierbarer Eigenschaften von kausal bestimmender Struktur.<sup>29</sup>

27 Evonik Degussa hat hierfür intern die *start-up*-Firma „Degussa Advanced Nanomaterials“ gegründet (siehe unter <http://www.degussa.de/degussa/de/profil/unternehmensstruktur/aerosilsilanes> (letzter Aufruf: 28.4.08; 13:55 h)).

28 Zum Geschäftsmodell von Evonik Degussa gehört auch, sich diese möglichen Anwendungen selbst auszudenken und Abnehmerfirmen dafür zu interessieren. Siehe hierzu die Firmengeschichte von „Degussa Advanced Nanomaterials“ unter [https://www.advanced-nano.com/webapps/adnano.nsf/hauptpunkte\\_en/12?OpenDocument](https://www.advanced-nano.com/webapps/adnano.nsf/hauptpunkte_en/12?OpenDocument) (letzter Aufruf: 29.6.08; 15:24 h): „After three years’ duration the Degussa Projecthouse Nanomaterials brought its research work to conclusion and has been transferred into the independent internal start-up Degussa Advanced Nanomaterials. [...] the new unit has been initiated with the target to produce innovative nanomaterials and tap into new business segments in attractive markets.“

29 Gleichzeitig hält die Rede von Wissensgesellschaft und Wissensökonomie Einzug, die sich auf die Vermarktung von Lizenzen (*non-tradable goods*) anstelle klassischer Produkte (*tradable goods*) bezieht.

## Von der Materie zum Material zur Funktion

Die hier beschriebene Freisetzung der Eigenschaften ist eine „Befreiung“ natürlich nicht in dem Sinne, wie wir ihn bei Schelling, Bloch oder Khushf finden würden und demzufolge die Freisetzung selbstorganisierender Prozesse Mensch und Natur gleichermaßen emanzipieren oder weiter bilden kann. Statt dessen geht es hier um die technische Aneignung eines recht einfachen Gedankens: Aus dem Naturzusammenhang befreit, der sie an ihre Kausalstruktur zurückbindet, treten die Eigenschaften in den Zusammenhang menschlicher Verwendung, die auf ihre relativ freiere Kombinierbarkeit zu technischen Zwecken setzt. Befreiung heißt hier also Erschließung eines Innovationspotentials, neuer Märkte und technischer Möglichkeiten.

Historisch und philosophisch gewürdigt hat diesen Übergang vor allem B. Bensaude-Vincent.<sup>30</sup> Chemische Substanzen waren zunächst weitgehend durch ihre phänomenologische Erscheinungsweise und ihr lokales Vorkommen definiert. Die somit naturhistorisch bestimmten Stoffe wurden durch den neuen Einsatz der Waage in den Laboren des ausgehenden 18. Jahrhunderts zu kommensurablen Stoffproben. Weiter transformiert wurden sie durch die Werkstoffkunde oder *materials science* des 20. Jahrhunderts. Stoffe sind nun Werkstoffe, Materie wird als Material betrachtet. Zunächst hieß dies, daß naturgegebene Stoffe auf ihre Tauglichkeit und Verhaltensweisen etwa als Baumaterialien untersucht wurden. In ihrem Verlauf hat die *materials science* aber ihrerseits einen Übergang vollzogen. Während sie zunächst fragte, welche Funktionen die uns bekannten Materialien erfüllen, begann sie das ehrgeizigere Projekt, gezielt solche Materialien zu entwickeln, die bestimmte Funktionen erfüllen können. Bensaude-Vincent zeigt, daß mit diesem Ansatz bereits eine Entsubstantialisierung der Materie verbunden war: Der Stoff, die stoffliche Gegebenheit ist nicht mehr anerkannter Ausgangs- und Bezugspunkt

30 B. Bensaude-Vincent, „The Balance: Between Chemistry and Politics“, in: *The Eighteenth Century*, 33(2)/1992, S. 217-237; B. Bensaude-Vincent, „The Construction of a Discipline: Materials Science in the U.S.A.“, in: *Historical Studies in the Physical and Biological Sciences*, 31(2)/2001, S. 223-248; B. Bensaude-Vincent, A. Hessenbruch, „Materials Science: A field about to explode?“, in: *Nature Materials*, 3(6)/2004, S. 345-346; B. Bensaude-Vincent, „Materials as Machines“, Beitrag zum Workshop „Science in the Context of Application“ am Zentrum für interdisziplinäre Forschung (ZiF) Bielefeld, Oktober 2006.

der Forschung, sondern wird vielmehr als Einschränkung gesehen, die überwunden werden muß.

Diese Entwicklung setzt sich fort bis sich das Verhältnis von Struktur und Funktion ganz auflöst. Bensaude-Vincent zitiert als Beleg dafür A. Zewail, der 1999 den Nobelpreis für Chemie erhielt und der ein neues Zeitalter der Chemie ausrief. Funktionen seien durch die Interpretation ihrer Dynamik nun direkt zugänglich, ohne sie auf Strukturen und ein entsprechendes Kausalgeschehen zurückführen zu müssen. Wenn also „mit der Natur über die Natur hinausgehen“ heißt, die noch nicht realisierten Möglichkeiten der Natur zu realisieren, dann entsteht durch diese Freisetzungsgeschichte zunächst einmal ein unbegrenzter Möglichkeitsraum, in dem armselige Werkstoffe durch neue, „intelligente“ Designer-Materialien ersetzt werden, ähnlich wie einstmals bei der Einführung von Plastik.<sup>31</sup>

#### Technische Nutzung der Selbstorganisation

Die bisherigen Betrachtungen waren auf den für die Nanoforschung wichtigen, aber angesichts der mit der Nanotechnologie verbundenen Ambitionen doch nur begrenzten Bereich der neuen Materialien eingeschränkt. Dagegen lassen sich die Programme der Nanobiotechnologie und Synthetischen Biologie vorerst nur unbestimmt zwischen konkreter Forschungspraxis und visionären Anwendungen verorten. Insbesondere in der Synthetischen Biologie geht es um die Fusion von Technik und Natur und somit um die Übersteigerung der Natur mit technischen Mitteln. Eine extreme Vision spricht etwa von Pflanzen mit schwarzen Siliziumblättern, die der Energieumwandlung und -speicherung dienen sollen.<sup>32</sup> Die Synthetische Biologie läßt sich der Nanotechnologie insofern zurechnen, als es sich hier um ein Beispiel der sogenannten technologischen Konvergenz handelt,<sup>33</sup> für die die nanotechnische Manipulation molekularer Strukturen eine umfassende Grundlage bieten soll: Organisches und Anorganisches, Natürliches und Technisches, Pflanzen und Solarkollektoren ließen sich

31 R. Barthes, „Plastik“, in: ders., *Mythen des Alltags*, Frankfurt a. M. 1964, S. 79-81; J. Meikle, *American Plastic: A Cultural History*, New Brunswick 1995.

32 Vgl. F. Dyson, „Our Biotech Future“.

33 VDI Technologiezentrum (Hrsg.), *Ansätze zur technischen Nutzung der Selbstorganisation*, Düsseldorf 2003.

demnach verbinden. Auch das amerikanische Programm der technologischen Konvergenz wiederum ist dementsprechend keineswegs allein dem *human enhancement* verschrieben, sondern enthält beispielsweise Visionen einer informationstechnischen Durchdringung und Überhöhung aller Ökosysteme.<sup>34</sup>

### Material und Gerät

Die anachronistische „Verrücktheit“ der technisch interpretierten Vorstellung „Mit der Natur über die Natur hinaus“ wird um so deutlicher, je weiter die Analyse über die unmittelbaren Forschungen visionär hinausgeht und die Rhetorik der nanotechnologischen Programme einbezieht. Dabei fällt sofort auf, daß die Materialforschung zwar herangezogen wird, um die wirtschaftlichen Erfolge der Nanoforschung zu dokumentieren, daß die bloßen Materialien aber noch längst nicht für die eigentliche Nanotechnologie gehalten werden, sondern es hierfür offenbar nanotechnischer Systeme, Geräte und Maschinen bedarf. Dem nanotechnischen Ehrgeiz reicht es offenbar keineswegs aus, wenn Materialien aus dem Naturzusammenhang heraus in den Horizont der technischen Funktionalisierbarkeit mit ihren größeren Freiheitsgraden treten. Damit die Natur gerätetechnisch über sich selbst hinaus wachsen und die Technik über sich selbst hinaus naturhaft werden kann, müßte sich die Selbsttätigkeit der Natur mit technischer Funktionalität verbinden. Diese zumindest vorläufig noch regulative Idee oder reine Fiktion wird allerdings schon rhetorisch vorweggenommen – und zwar in der Behauptung eines smarten „Selbst“, das auch den noch „dummen“ und toten Materialien zugeschrieben wird.

Die Erwartung an eine als Technik mit der Technik alliierte Natur, die über sich hinaus zu einem „tätigen Selbst“ wird, steckt etwa in der Rede von den „selbstreinigenden Oberflächen“, die genauer als „schmutzabweisend“ bezeichnet werden müßten. Ihre Nanostrukturierung verhindert, daß Schmutz an ihnen haften bleibt – die durch nanotechnische Intervention befähigte Selbsttätigkeit eines Materials kündigt sich in der exzessiven Bezeichnung nur an. Ähnliches gilt für

34 J. Banfield, „Making Sense of the World. Convergent Technologies for Environmental Science“, in: M. C. Roco, W. S. Bainbridge (Hrsg.), *Converging Technologies for Improving Human Performance*, S. 260-264.

die „selektiven Oberflächen“, an denen nur bestimmte Zellen wachsen können und weitgehend für die intelligenten Materialien (sofern ihnen nicht durch eingebaute Elektronik nachgeholfen wird).

#### Unkontrolliert kontrollierte Selbsttätigkeit

Nirgendwo ist die Zuschreibung des „Selbst“ allerdings so schillernd und vieldeutig wie bei den viel zitierten Konzepten des *self-assembly* und der *self-organization*, deren vielfältiger Gebrauch im Kontext nanotechnologischer Forschung und deren philosophische Deutung hier nicht analysiert werden können. Bisweilen handelt es sich hierbei um nicht mehr als ein schönes Wort für das, was bei jeder chemischen Reaktion passiert, manchmal jedoch soll es auch eine Technik bezeichnen, die nicht mehr konstruiert ist, sondern „von selbst“ wächst. Daß diese Vieldeutigkeit erhalten bleibt, daß im Begriff etwa des „*bottom-up engineering*“ all diese Konnotationen mitschwingen und auf Begriffsklärung nicht gedrängt wird, ist ein Aspekt der „ontological indifference“, die P. Galison für die Nanoforschung ausmacht.<sup>35</sup> Diese Indifferenz kennzeichnet die technische Aneignung eines naturphilosophischen Begriffs: Was immer mit „Selbstorganisation“ philosophisch oder naturwissenschaftlich gemeint sein mag, so hat der Begriff technische Bedeutung doch schon, weil die Natur als eine Art Superingenieur ihren menschlichen Epigonen das „*bottom-up engineering*“ bereits vormacht. Daß sie sich selbst organisiert, ist nur ein anderes Wort dafür, daß sie alles, was wir sehen – einschließlich unserer selbst – konstruiert hat.

Hier zeigt sich, wie sich die Nanotechnik die Natur zum Vorbild macht, aber erst nachdem sie die Natur als nichts anderes als einen Ingenieur denkt. Aufgrund dieser Verrückung wird es einfach, technische Kontrolle über natürliche und technische Prozesse im Nanobereich als bloße Illusion zu bezeichnen, ohne dabei auf die Idee der Kontrolle zu verzichten: „The problem is the illusion of control – what we want to do is reverse engineer. We harness self-assembly in a non-linear way to get what we want. To do this at the nanoscale will be a big breakthrough because we can then start to control things, put them in compartments and let them evolve. We don't need the illusion

35 P. Galison, „The Pyramid and the Ring“, Vortrag bei der Tagung der „Gesellschaft für analytische Philosophie“ (GAP), September 2006, Berlin.

of control. We let the system select what it needs according to its local environment. We can't be an engineer at that level if we want to use bottom up. Nature takes this approach and it works very well.<sup>36</sup>

Indem sie sich einer sich selbst organisierenden und somit sich selbst kontrollierenden Natur überantworten, können sich Nanoforscher von falschen Vorstellungen einer technischen Präzisionskontrolle im Nanobereich distanzieren und sich zugleich von den dort zu entdeckenden Eigenschaften überraschen lassen.

#### Naturalisierung der Technik, Technisierung der Natur

„Mit der Natur über die Natur hinaus“ könnte bedeuten, daß es beispielsweise evolutionäre Naturprozesse gibt, die zu emergenten Phänomenen, einer „Höher“- Organisation oder sonstigen Weiterbildung der Natur führen. So schwer es sein mag, diese Vorstellung präzise nachzuvollziehen, so viel schwieriger und gleichzeitig unbekümmerter erscheint sie, wenn gemeint sein soll, daß sich die Natur als Nanoingenieur offenbart und somit in technische Konstruktionen aufgehen kann, während die Technik sich der Natur anheim gibt, indem sie Selbstorganisationsprozesse technisch nutzen will.

Diese Unbekümmertheit habe ich hier als „Verrücktheit“ bezeichnet, weil sie sich über kategoriale Trennungen hinwegsetzt, ohne etwa Geist und Kultur auf Materie und Natur zu reduzieren, ohne Hybride zu schaffen, sondern einfach indem sie die Differenzen in ein technisches Idiom auflöst.

36 Stellungnahme eines Nanoforschers in einem Szenario-Workshop des EU-Projekts DEEPEN (Deliverable 4: Working Paper von P. Macnaghten, M. Kearnes, „Scenario Planning and Draft Design of Focus Groups“), Darmstadt, April 2007.