

Gregor Schiemann

Nanotechnologie und Naturverständnis

Einführung

Im abendländischen Kulturkreis kommt der Differenz von Natur und Technik eine kaum zu überschätzende Bedeutung zu. Natur gilt als Inbegriff dessen, was auch ohne den Menschen da ist oder da sein könnte. Während für ihre Wirkungen niemand verantwortlich ist, führt man die Technik auf menschliche Handlungsleistungen zurück. Wird von der Technik erwartet, als Produkt planmäßiger Tätigkeit durchschaubar zu sein, fordert die Eigenständigkeit der Natur das menschliche Erkenntnisvermögen heraus. Zusammen mit anderen verwandten Begriffen, wie denen der Gesellschaft, der Kultur oder der Geschichte, grenzt der Technikbegriff einen natürlichen Bereich ab, dessen Verständnis in der Moderne eine orientierungs- und handlungsleitende Funktion einnimmt. Zahlreiche institutionelle Felder der Gesellschaft – darunter etwa die Wissenschaft, die Medizin, das Recht, die Ökonomie oder das Bildungswesen – begründen sich durch die Bezugnahme auf die Differenz von Natürlichem und Nichtnatürlichem und berufen sich in ihren Entscheidungen darauf.¹

Die Nanotechnologie gehört zu den technischen Innovationen des letzten Jahrhunderts, von deren Theorie und Praxis angenommen wird, daß sie dazu beitragen, die Unterscheidung von Natur und Technik aufzuheben und damit eines der Grundprinzipien der Moderne zu erschüttern. Mit der Nanotechnologie wird eine präzise planbare Naturveränderung in der Größenordnung von Atomen möglich. Natürliche Moleküle können manipuliert, nichtnatürliche Moleküle geschaffen werden. Die veränderten zusammengesetzten Atome bilden die Basis für die Schaffung maßgeschneiderter Gegenstände oder Prozesse.

1 Vgl. W. Viehöver, R. Gugutzer, R. Keller, C. Lau, „Vergesellschaftung der Natur – Naturalisierung der Gesellschaft“, in: U. Beck, C. Lau (Hrsg.), *Entgrenzung und Entscheidung: Was ist neu an der Theorie reflexiver Modernisierung?*, Frankfurt a. M. 2004, S. 65-94.

Dabei kann es sich um ganz verschiedene Objekte handeln: um einzelne Partikel, die schon bestehenden Stoffen zur Veränderung ihrer Eigenschaften beigemischt werden, um neue Stoffe, die als Materialien Verwendung finden, um kleine Nanomaschinen, die etwa mechanische oder elektronische Funktionen erfüllen, oder um Prozesse, die der Herstellung von makroskopischen Gegenständen dienen – um nur einige Beispiele zu nennen. Der Forschungs- und Entwicklungsstand des kaum noch überschaubaren wie auch nicht genau definierbaren Feldes der Nanotechnologie nimmt sich reichlich ungleich aus. Teils befindet sich die Nanotechnologie im Stand einer Grundlagenforschung, die von Anwendungen noch weit entfernt ist, teils hat sie in alltagspraktischen Produkten bereits Eingang gefunden. Die Zahl der auf dem Markt befindlichen Produkte hat in den letzten Jahren erheblich zugenommen. Weil es keine Kennzeichnungspflichten für diese Produkte gibt, sind genaue Angaben allerdings problematisch. Das „Woodrow Wilson Center“ in den USA listet gegenwärtig über 600 Nanoprodukte auf,² der „Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e. V.“ rechnet mit „weltweit [...] schätzungsweise bereits 150-600 Nano-Lebensmittel[n] und 400-500 Lebensmittelverpackungen mit Nano-Zusätzen auf dem Markt“.³

Aus der beeindruckenden Fülle von Anwendungen und Anwendungsmöglichkeiten seien nur zwei genannt, um *Einebnungen der Natur-Technik-Differenz* exemplarisch zu veranschaulichen: So ist geplant, für medizinische Zwecke nicht in der Natur vorkommende Moleküle zu synthetisieren, die sich dafür eignen, Medikamente gezielt an bestimmte Körperstellen zu transportieren. Technik würde in den menschlichen Körper eingebracht und mit ihm eine unauflösbare Einheit eingehen. Ein anderes Vorhaben besteht darin, Stoffe, die nur in aufwendigen Verfahren aus der Natur gewonnen werden können, so nachzubauen, daß sie naturidentische Eigenschaften aufweisen (ana-

2 Vgl. Inventory von „Project on Emerging Nanotechnologies“ unter <http://www.nanotechproject.org> (letzter Aufruf: 16.7.08; 12:05 h) sowie Verbraucherzentrale Bundesverband e.V. (vzbv) (Hrsg.), *Nanotechnologien – neue Herausforderungen für den Verbraucherschutz*, Positionspapier, Berlin 2008, abrufbar unter http://www.vzbv.de/mediapics/positionspapier_nanotechnologien_05_2008.pdf (letzter Aufruf: 16.7.08; 12:20 h).

3 Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V. (Bund) (Hrsg.), *Endstation Mensch. Aus dem Labor auf den Teller. Die Nutzung der Nanotechnologie im Lebensmittelsektor*, Berlin 2008, S. 4, abrufbar unter http://www.bund.net/fileadmin/bundnet/publikationen/nanotechnologie/20080311_nanotechnologie_lebensmittelstudie.pdf (letzter Aufruf: 16.7.08; 12:20 h).

log zur biotechnologischen Herstellung von menschlichem Interferon, Insulin usw.).

Mit diesem Beitrag möchte ich der Frage nachgehen, ob die Gegenstände, Vorhaben oder Konzeptionen der Nanotechnologie tatsächlich geeignet sind, zu einer tiefgreifenden Veränderung des bisher vorherrschenden Natur-Technik-Verständnisses zu führen. Noch haben nanotechnologische Produkte erst einen geringen Marktanteil, und die Diskussion der mit der Entwicklung der Nanotechnologie möglicherweise verbundenen Auflösung der Natur-Technik-Differenz ist kaum schon Gegenstand des öffentlichen Diskurses.⁴ Die Frage kann bislang nur an vielleicht nicht repräsentativen Einzelfällen und mit Blick auf die vermutlich zukünftigen Entwicklungstendenzen erörtert werden. Meine Antwort, die von der Unterscheidbarkeit zwischen wissenschaftlichen und nichtwissenschaftlichen Naturauffassungen ausgeht, läßt sich in der These zusammenfassen, daß sich die bisher überschaubaren Wirkungen der Nanotechnologie auf das Naturverständnis für beide Auffassungstypen jeweils spezifisch gestalten.

Für die *Nanotechnologie*, deren Naturauffassung ich zum wissenschaftlichen Typ zähle, lassen sich Bedingungen angeben, gemäß derer Natur und Technik voneinander abgehoben bleiben. Allerdings wer-

4 Die Auflösung der Differenz von Natur und Technik wird eher für die Gentechnologie oder das Sportdoping diskutiert (vgl. W. Viehöver, R. Gugutzer, R. Keller, C. Lau, „Vergesellschaftung der Natur“). J. Habermas spricht in seinem vielbeachteten Band zur Eugenik auch die von der Nanotechnologie ausgehenden Aufhebungen der Unterscheidungen von Naturwüchsigem und Gemachtem an (J. Habermas, *Die Zukunft der menschlichen Natur. Auf dem Weg zu einer liberalen Eugenik*, Frankfurt a. M. 2002, S. 71 f.). Beiträge der ebenfalls wenig entfalteten philosophischen Debatte sind: G. Schiemann, „Dissolution of the Nature-Technology Dichotomy? Perspectives on nanotechnology from the viewpoint of an everyday understanding of nature“, in: D. Baird, A. Nordmann, J. Schummer (Hrsg.), *Discovering the Nanoscale*, Amsterdam 2004, S. 209-213; G. Schiemann, „Nanotechnology and Nature. On the Criteria of their Relationship“, in: *HYLE – International Journal for Philosophy of Chemistry*, Special Issue: *Nanotech Challenges, Part 2*, hrsg. von D. Baird, J. Schummer, 11(1)/2005, S. 77-96, abrufbar unter <http://www.hyle.org/journal/issues/11-1/schiemann.htm> (letzter Aufruf: 16.7.08; 12:30 h); G. Schiemann, „Kein Weg vorbei an der Natur: Natur als Gegenpart und Voraussetzung der Nanotechnologie“, in: A. Nordmann, J. Schummer, A. Schwarz (Hrsg.), *Nanotechnologien im Kontext: Philosophische, ethische und gesellschaftliche Perspektiven*, Berlin 2006, S. 115-130; K. Köchy, „Maßgeschneiderte nanoskalige Systeme. Methodologische und ontologische Überlegungen“, in: A. Nordmann, J. Schummer, A. Schwarz (Hrsg.), *Nanotechnologien im Kontext*, S. 131-150; A. Nordmann, „Philosophy of NanoTechnoScience“, in: G. Schmid (Hrsg.), *Nanotechnology*, Weinheim 2008, S. 217-243, mit weiteren Verweisen.

den wohl die Fälle zunehmen, unter denen diese Bedingungen für bestimmte Bedeutungen von Natur nicht mehr gegeben sein werden. Doch solche Ununterscheidbarkeiten von Natur und Technik sind aus wissenschaftlicher Sicht nicht problematisch und teilweise auch nicht neu. Eine Herausforderung für das Naturverständnis besteht hingegen möglicherweise auf der Seite der *nichtwissenschaftlichen Auffassungen*. Mit der stärkeren Verbreitung nanotechnologischer Produkte könnten Vorstellungen an Boden gewinnen, die nicht mit bisherigen Verständnisweisen von Natur und Technik vereinbar sind. Nichtwissenschaftliche Naturverständnisse sind durch die Anwendung wissenschaftlicher Verfahren aber nicht nur bedroht, sondern greifen zugleich auf sie zurück, um ihre Natur- und Technikbegriffe in problematischen Fällen, wenn etwa die Grenzen zwischen Natur und Technik unscharf werden, besser zu begründen und anzuwenden. Dieses Doppelverhältnis von nichtwissenschaftlichem und wissenschaftlichem Naturverständnis verkompliziert die Diskussion über die Zukunft der Natur-Technik-Differenz auch im Zusammenhang der Nanotechnologie. Wo zukünftig die Bedingungen nicht mehr gegeben sein werden, wissenschaftlich zwischen Natur und Nanotechnologie zu unterscheiden, könnten nichtwissenschaftliche Naturbegriffe eine Instanz ihrer Stützung verlieren.

Von den verschiedenen nichtwissenschaftlichen Verständnisweisen von Natur werde ich die der *Lebenswelt* exemplarisch vorstellen. In ihrer aristotelischen Verfassung folgt sie einer kategorialen Entgegensetzung von Natur und Technik. Natur zeichnet sich demnach durch eine nicht auf Technik reduzierbare Selbstbewegung aus, Technik geht hingegen ganz im menschlichen Handeln auf (Abschnitt 1). Das *nanotechnologische Naturverständnis* läuft dem lebensweltlichen Verständnis insofern zuwider, als es keine kategoriale Abgrenzung zur Technik kennt. Es lassen sich verschiedene Naturbegriffe der Nanotechnologie unterscheiden, von denen ich zwei Gruppen hervorhebe: die naturalistische und die der Natur-Technik-Differenz (Abschnitt 2). Letztere enthält wiederum zwei Bedeutungen. Zum einen meint *Natur* das gesetzmäßig Verfaßte. Als solches stellt sie eine unüberschreitbare Voraussetzung und Grenze des nanotechnologisch Machbaren dar. Eine steigende Relevanz der Nanotechnologie (wie der wissenschaftlichen Technik überhaupt) würde dieser Bedeutung zu größerer kultureller Tragweite gegenüber der lebensweltlichen Entgegensetzung verhelfen (Abschnitt 3). Zum anderen bezeichnet *Technik* in der Nanotechnologie aber, wie auch in der Le-

benswelt, das vom Menschen Hergestellte (ohne jedoch von Natur kategorial getrennt zu sein). Wegen dieser Gemeinsamkeit trägt die Nanotechnologie trotz ihrer differentiellen Naturauffassung zur Stützung des lebensweltlichen Technikverständnisses bei. Sie vermag unter bestimmten Bedingungen mit ihren Methoden den der lebensweltlichen Wahrnehmung nicht zugänglichen künstlichen Ursprung von nanotechnologischen Gegenständen nachzuweisen. Wenn diese Identifikation prinzipiell ausgeschlossen ist, fallen die nanotechnologischen Gegenstände der Natur zu. Ansonsten bilden sie *Hybride*, in denen Natur und Technik mitunter in nicht mehr auftrennbarer Verschränkung vorliegen. Diese Untrennbarkeit ist nicht spezifisch für die Nanotechnologie und setzt der Identifikation nanotechnologischer Eingriffe keine neue Grenze (Abschnitt 4). Abschließend gehe ich auf den Einfluß der Nanotechnologie auf das lebensweltliche Naturverständnis ein, d. h. auf den erwartbaren Einfluß von nanotechnologischen Produkten und die Bedeutung der Grenzen der nanotechnologischen Unterscheidbarkeit von Natur und Technik in der Lebenswelt (Abschnitt 5).⁵

1. Lebensweltliches Naturverständnis

Der Diskurs über die Natur ist durch eine Vielfalt von Bedeutungen gekennzeichnet. Natur wird nicht nur gegenüber der Technik, der Geschichte oder der Kultur, sondern auch gegenüber Gott, dem Denken oder der Seele abgegrenzt. Natur ist das Vertraute, selbstverständlich Vorhandene, aber auch das Fremde, dem Menschen teils feindlich Gegenüberstehende; sie ist das Undurchschaubare, aber auch das nachvollziehbar Geordnete. Eine der Möglichkeiten zur Gliederung der Pluralität von Naturbestimmungen besteht in der Unterscheidung von *wissenschaftlichen und nichtwissenschaftlichen Bedeutun-*

⁵ In diesem Text setze ich Überlegungen zum Naturbegriff der Nanotechnologie fort, die ich in früheren Veröffentlichungen (vgl. Anm. 4) formuliert habe. Die dort jeweils gesondert diskutierten Naturbegriffe der Nanotechnologie – der naturalistische Begriff und die Natur-Technik-Differenz – integriere ich in einen Ansatz und nehme die Diskussion ihrer Beziehungen zum lebensweltlichen Verständnis wieder auf.

gen.⁶ Wissenschaftliche Naturauffassungen grenzen sich methodisch durch die Verfahren, mit denen sie sich auf reproduzierbare Erfahrung beziehen, und durch ihre universellen Geltungsansprüche von nichtwissenschaftlichen Auffassungen ab. Sie sind wesentlich deskriptiv verfaßt, so daß sie keine Handlungsorientierungen bieten. Nichtwissenschaftliche Auffassungen sind hingegen nicht methodisch organisiert. Ihre Geltung hängt ungleich stärker von Kontexten ihrer Anwendungen sowie von Werten und Normen ab. Ob die Nanotechnologie die wissenschaftliche Naturauffassung verändert, ist eher von theoretischem Interesse; ihre Wirkung auf nichtwissenschaftliche Naturauffassungen berührt jedoch das menschliche Selbst- und Weltverständnis.

Für die Untersuchung dieser Wirkung den *lebensweltlichen Naturbegriff* auszuwählen, ist naheliegend, weil die Lebenswelt zu den bevorzugten Einsatzbereichen von nanotechnologischen Anwendungen gehört und eine entscheidende Rolle in den öffentlichen Meinungsbildungsprozessen spielt, von denen die staatliche Finanzierung der Nanotechnologie maßgeblich abhängt. Als *Lebenswelt* wird hier ein begrenzter, historisch kontingenter und selbst pluralistisch strukturierter Erfahrungsbereich bezeichnet: die durch vertraute Objekte (Dinge und Personen), unmittelbare Wahrnehmungsleistungen und unprofessionelles Handeln bestimmte Alltagswelt. Gegenüber anderen Erfahrungswelten, wie zum Beispiel denen des Berufslebens, der Religion oder der Kunst, grenzt sie sich durch den geringsten Grad an Spezifität der Erfahrung ab.⁷

Auch in der Lebenswelt finden zahlreiche Bedeutungen von Natur Verwendung, unter denen aber der *Entgegensetzung zur Technik* besondere Relevanz zukommt. Diese Relevanz geht darauf zurück, daß die Lebenswelt „in gewissem Sinne ‚aristotelisch‘ verfaßt“ ist, um

6 G. Schiemann, „Naturphilosophie als Arbeit am Naturbegriff“, in: C. Kummer (Hrsg.), *Was ist Naturphilosophie und was kann sie leisten?*, Freiburg, München 2008 (im Druck).

7 G. Schiemann, „Rationalität und Erfahrung. Ansatz einer Neubeschreibung von Alfred Schütz' Konzeption der ‚Erkenntnisstile‘“, in: N. C. Karafyllis, J. C. Schmidt (Hrsg.), *Zugänge zur Rationalität der Zukunft*, München 2002, S. 73-94; G. Schiemann, „Ein Erkenntnisstil neben anderen. Zur Phänomenologie lebensweltlicher und nicht lebensweltlicher Erfahrung“, in: D. Ginev (Hrsg.), *Aspekte der phänomenologischen Theorie der Wissenschaft*, Würzburg 2007, S. 77-95.

eine Formulierung von J. Habermas zu verwenden.⁸ Lebensweltlich werden Gegenstände, die wesentlich von selbst da sind und sich ohne menschliches Zutun verändern (etwa der Wechsel der Jahreszeiten, die Gestirne, vor allem aber Pflanzen, Tiere und die Lebensprozesse des Menschen), strikt von handwerklich oder industriell hergestellten Dingen unterschieden. Während Habermas dieses alltagspraktische Klassifikationsvermögen auf spezifische Handlungsformen zurückführt, sehe ich seine Grundlage im Charakter der Lebenswelt als Wahrnehmungswelt. Die in der Lebenswelt wirksame, aber nicht mehr mit ontologischem Anspruch versehene aristotelische Entgegensetzung von Natur und Technik ist am Paradigma der unmittelbaren Wahrnehmbarkeit äußerer Bewegungsursachen orientiert. Pointiert formuliert, wird, was sich bewegt, ohne daß eine äußere Ursache erkennbar ist, zur Natur gerechnet.⁹ Die Zuordnung von Objekten zu einer sich selbstbewegenden Natur verknüpft sich mit Werten und Normen, die konstitutiv in das Weltverständnis eingehen. So ist die Eigendynamik der Naturobjekte Gegenstand der Achtung und ihre Verletzlichkeit Gegenstand der Empathie.¹⁰

2. Naturbegriffe der Nanotechnologie

Die *Nanotechnologie* entzieht sich vollständig der Wahrnehmung und der auf sie gründenden lebensweltlichen Klassifikation von natürlichen und technischen Gegenständen. M. C. Roco definiert sie durch ihren Objektbereich. Demnach besitzen nanotechnologische Materialien und Systeme die folgenden „key properties“: „they have at least one dimension of about one to 100 nanometers, they are designed through processes that exhibit fundamental control of the physical and chemical attributes of molecular-scale structures, and they can be combined to form larger structures“.¹¹

8 J. Habermas, *Die Zukunft der menschlichen Natur*, S. 80. Vgl. G. Schiemann, *Natur, Technik, Geist. Kontexte der Natur nach Aristoteles und Descartes in lebensweltlicher und subjektiver Erfahrung*, Berlin, New York 2005.

9 G. Schiemann, *Natur, Technik, Geist*, S. 133 ff.

10 Vgl. J. Habermas, *Die Zukunft der menschlichen Natur*, S. 81 ff.

11 G. Sixt, „Little big Science“, in: Scientific American (Hrsg.), *Understanding Nanotechnology*, E-Book Edition, 2001, S. 9. Vgl. G. Schiemann, „Kein Weg vorbei an der Natur“, S. 118. Definitionen der Nanotechnologie werden ausführlich disku-

Diese weite Bestimmung umschreibt einen Bereich, in dem vornehmlich, aber in stark kontextspezifischer Ausprägung Natur- und Ingenieurwissenschaften zusammenwirken. So stehen oftmals die eher grundlagenwissenschaftlichen Forschungskontexte den Naturwissenschaften näher, während die bereits auf Anwendung bezogenen Kontexte eher ingenieurwissenschaftlicher Art sind.¹²

Die Frage nach dem *Naturbegriff der Nanotechnologie* läßt sich auf zweifache Weise verstehen: Man kann nach den in der Nanotechnologie empirisch vorkommenden Naturbegriffen oder nach den Naturbegriffen, die der Theorie und Praxis der Nanotechnologie am ehesten gerecht werden, fragen. Meine Diskussion verbindet beide Verständnisweisen, indem sie von Begriffen ausgeht, die der Theorie und Praxis der Nanotechnologie entsprechen und den faktischen Verwendungen jedenfalls nicht widersprechen sollen. Daß die Verwendungen nicht immer hinreichend präzise zur Theorie und Praxis der Nanotechnologie passen, erklärt sich unter anderem daraus, daß Naturbegriffe fast nur in Publikationen auftreten, mit denen sich die Nanotechnologie an andere Disziplinen und an die breitere Öffentlichkeit wendet. In der Nanotechnologie selbst sind Naturbegriffe so wenig thematisch wie in den anderen Natur- und Ingenieurwissenschaften. In der Außenkommunikation fallen aber oftmals Aspekte ins Gewicht, die nicht allein auf nanotechnologische Objekte bezogen sind, wie zum Beispiel die Bedingungen der Finanzierung von Forschungen, die Berührungspunkte zu anderen Disziplinen oder Präsentationssaufgaben vor einem Laienpublikum.¹³ Allgemein bleiben die nach-

tiert in G. Schmidt, M. Decker, H. Ernst, H. Fuchs, W. Grünwald, A. Grünwald, H. Hofmann, M. Mayor, W. Rathgeber, U. Simon, D. Wyrwa, *Small Dimensions and Material Properties. A Definition of Nanotechnology*, Bad Neuenahr-Ahrweiler 2003. Zu den Schwierigkeiten einer adäquaten Definition der Nanotechnologie vgl. H. Fogelberg, H. Glimell, *Bringing Visibility to the Invisible: Towards a Social Understanding of Nanotechnology*, Göteborg 2003, S. 48-51 sowie I. Malsch, *Nanotechnology in Europe: Experts' Perceptions and Scientific Relations between Sub-areas*, prepared by the European Commission – JRC Institute for Prospective Technological Studies in Seville, Brussels 1997.

12 Hieran anschließend kann zwischen Nanotechnologie und Nanowissenschaft unterschieden werden (vgl. z. B. A. Nordmann, „Philosophy of NanoTechnoScience“, S. 218). Der von mir verwendete Begriff der Nanotechnologie impliziert sowohl den eher wissenschaftlichen als auch den eher technischen Teil.

13 In G. Schiemann, „Dissolution of the Nature-Technology Dichotomy?“, analysiere ich exemplarisch die Rhetorik der an die breite Öffentlichkeit gerichteten nanotechnologischen Propaganda.

weisbaren Verwendungsweisen, auf die ich an anderer Stelle näher eingegangen bin, vage.¹⁴

Vor dem Hintergrund des Zusammenwirkens von Natur- und Ingenieurwissenschaften halte ich es für gegenstandsangemessen, *zwei Gruppen von Naturbegriffen der Nanotechnologie* einzuführen: die Gruppe der in den Naturwissenschaften zu Recht verbreiteten naturalistischen Begriffe und die Gruppe der den Zwecken der Ingenieurwissenschaften entsprechenden Unterscheidung von Natur und Technik. Beide Gruppen kennen keine (der lebensweltlichen Differenz vergleichbare) kategoriale Entgegensetzung von Natur und Technik. Sie gehen gemeinsam davon aus, daß Naturgesetze für die Technik gelten und daß in der Technik keine Gesetze vorkommen, die nicht mit den Naturgesetzen verträglich wären. Natürliche Phänomene werden durch technische Experimente erforscht und umgekehrt für technische Verfahren fruchtbar gemacht.

Die *naturalistische Gruppe* setzt die Natur extensional, d. h. im Begriffsumfang, mit der gesamten Wirklichkeit gleich. Die Existenz vermeintlich nichtnatürlicher Entitäten wird in diesem Begriff, der den umfassenden Erklärungsanspruch der Naturwissenschaften gegenüber anderen Wissenschaften ausdrückt, entweder bestritten oder als natürliches Phänomen für beschreibbar gehalten. Seine Pluralität spiegelt sich nicht in extensionalen, sondern in intensionalen Bestimmungen wider, d. h. in den behaupteten Merkmalen des Natürlichen, die den Gegenständen, aus deren Summe die Welt besteht, zukommen. Als Welt umfaßt die Natur auch die Technik. Gleichsetzungen von hergestellten und nicht hergestellten Objekten, die in der Literatur zur Nanotechnologie geläufig sind, genügen diesem Naturbegriff (z. B. die Vorstellung von der Natur als Konstrukteurin ihrer eigenen Phänomene).¹⁵

Der ingenieurwissenschaftlichen Auffassung, die sich weniger für die Aufklärung von den Phänomenen zugrunde liegenden kausalen Zusammenhängen, als vielmehr für deren technische Ausnutzung interessiert, entspricht die Aufrechterhaltung der *Differenz von Natur und Technik*. Im Gegensatz zum lebensweltlichen Verständnis, wird hierbei die Natur nicht durch Selbstbewegung ausgezeichnet, sondern als das nicht vom Menschen Hervorgebrachte verstanden. Natur fin-

14 G. Schiemann, „Kein Weg vorbei an der Natur“, S. 119 ff.

15 G. Schiemann, „Kein Weg vorbei an der Natur“, S. 120 sowie ders., „Dissolution of the Nature-Technology Dichotomy?“, S. 211.

det in diesem Sinne als die unüberschreitbare Voraussetzung und Grenze der technischen Möglichkeiten Berücksichtigung. Umgekehrt wird Technik als besondere Leistung des Menschen begriffen. In dieser Bedeutung erhält Ausdruck sowohl der von NanowissenschaftlerInnen hervorgehobene Gestaltungswille, nützliche Produkte zu schaffen,¹⁶ als auch die Kritik am künstlichen Charakter der Nanotechnologie.¹⁷ Die Behauptung der Differenz von Natur und Technik muß dem Naturalismus nicht widersprechen. Für die Ingenieurwissenschaften nehme ich an, daß diese Behauptung sogar in der Regel innerhalb eines naturalistischen Verständnisses formuliert wird. Hingegen greift die Kritik an der Nanotechnologie eher auf Natur und Technik als Gegenbegriffe zurück, teilweise sogar in kategorialer und lebensweltverwandter Entgegensetzung.¹⁸

Im Hinblick auf die Theorie und Praxis der Nanotechnologie, möchte ich mich im folgenden etwas näher mit der *zweiten Gruppe von Begriffen* befassen. In dieser Gruppe lassen sich zwei Bedeutungen unterscheiden: die eine ist die bereits genannte Bedeutung der Natur als Voraussetzung und Grenze der Technik (Abschnitt 3), die andere resultiert aus dem Begriff der Technik als dem vom Menschen Hergestellten (Abschnitt 4).

3. Natur als Voraussetzung und Grenze der Nanotechnologie

Diese Bedeutung der Natur hat im Diskurs um die Nanotechnologie erst vor dem Hintergrund der visionären Pläne und hochgesteckten Erwartungen, die sich mit dieser Technologie verbanden, Relevanz erhalten. Frühe Ankündigungen, wonach mit der Nanotechnologie eine neue, für menschliche Bedürfnisse maßgeschneiderte Welt „Atom

16 G. Schiemann, „Dissolution of the Nature-Technology Dichotomy?“, S. 211.

17 Vgl. etwa Verbraucherzentrale Bundesverband e.V. (vzbv) (Hrsg.), *Nanotechnologien*. Zur Natur-Technik-Differenz im ingenieurwissenschaftlichen Kontext allgemein siehe F. Rapp, *Analytische Technikphilosophie*, Freiburg, München 1978, S. 135 ff.

18 Paradigmatisch hierfür ist der Bezug auf Heideggers Technikbegriff. Vgl. z. B. A. Nordmann, „Philosophy of NanoTechnoScience“, S. 233 sowie G. Scrins, K. Lyons, „The Emerging Nano-Corporate Paradigm: Nanotechnology and the Transformation of Nature, Food and Agri-Food Systems“, in: *International Journal of Sociology of Food and Agriculture*, 15(2)/2007, S. 32.

für Atom“ geschaffen werde, provozierten geradezu die Erinnerung an unüberschreitbare Bedingungen des technologischen Handelns.¹⁹ Bei einigen Vorhaben zeigte sich jedoch schon bald nach dem Beginn der ersten Forschungen, daß sich die Natur der Technik im Nanobereich gleichsam in den Weg stellt. Der Naturbegriff steht in diesem Fall für Bedingungen und Strukturen, auf die der Mensch keinen Einfluß hat und die die Naturwissenschaft in Form von *Gesetzen* ausspricht.

Naturgesetze beinhalten in allgemeingültiger Form die Verknüpfung von Bedingungen, unter denen ein Ereignis oder ein Zustand regelmäßig der Fall ist. Als revidierbare, meist mathematisch formulierte Konstruktionen sind Naturgesetze vom Menschen gemacht. Die mit geeigneten Daten und Modellen aus ihnen ableitbaren Beobachtungssätze, die ihren *empirischen Gehalt* ausmachen, gehören aber zu den Voraussetzungen, die menschlichen Handlungen vorausliegen. Der empirische Gehalt gilt unabhängig von den Bedingungen, unter denen die Phänomene, auf die er sich bezieht, erzeugt oder gefunden werden, und er bildet den vorgegebenen Spielraum, in dem sich die Technologie entfalten kann.²⁰

Das Spannungsverhältnis, das zwischen dieser Bedeutung von Natur und der Nanotechnologie besteht, ist in verschiedenen Veröffentlichungen zu den konstruktiven Möglichkeiten der Naturgestaltung im Nanometerbereich diskutiert worden. Dabei geht es vor allem um physikalische und chemische Gesetzmäßigkeiten, die gegenwärtig geplante oder von einigen NanotechnologInnen für möglich gehaltene Konstrukte berücksichtigen müssen. Für die Physik spielt in diesem Zusammenhang insbesondere das noch ungeklärte Verhältnis von Quanten- und Kontinuumsphysik eine Rolle.²¹

19 Vgl. A. Nordmann, „Shaping the World Atom by Atom‘: Eine nanowissenschaftliche WeltBildanalyse“, in: A. Grunwald (Hrsg.), *Technikgestaltung zwischen Wunsch und Wirklichkeit*, Berlin 2003, S.191-199 sowie A. Nordmann, „Philosophy of NanoTechnoScience“, S. 231 ff.

20 Zu dieser Bestimmung vgl. G. Schieman, „Kein Weg vorbei an der Natur“, S. 123 ff.

21 M. L. Roukes, „Plenty of Room, Indeed“, in: Scientific American (Hrsg.), *Understanding Nanotechnology*, S. 18-35; M. L. Roukes, „Nanoelectromechanical systems face the future“, in: *Physics World*, 14(2)/2001, S. 25-32 sowie H. Fogelberg und H. Glimell, *Bringing Visibility to the Invisible*, S. 18.

4. *Natur als Gegenpart der Nanotechnologie*

Die nanotechnologische Auffassung des Verhältnisses von Natur und Technik weicht nicht nur von der lebensweltlichen ab, sie weist auch Berührungspunkte zu ihr auf. Die Wissenschaft kann – ähnlich wie die Lebenswelt – die *Technik als das vom Menschen Hervorgebrachte* definieren. Bei der Wahrnehmung restlos unzugänglichen Nanotechnologie läßt sich aber normalerweise nur mit wissenschaftlichen Methoden feststellen, ob in das Dasein eines Objekts menschliche Handlungen eingegangen sind. Ich führe deshalb ein *epistemisches Kriterium* ein, nach dem ein Objekt zur Natur gehört, wenn sich (mit allen zu einer Zeit verfügbaren wissenschaftlichen Methoden) nicht ermitteln läßt, daß es von menschlichem Handeln hervorgebracht wurde. Umgekehrt ist ein Objekt als künstlich anzusehen, wenn es (wissenschaftlich nachgewiesen) durch menschliches Handeln entstand. Die Feststellung der Unterscheidung zwischen natürlichen und künstlichen Objekten erhält mit der Anwendung dieses Kriteriums den Charakter einer empirischen Untersuchung. In Laborexperimenten kann die Künstlichkeit von technologischen Objekten durch Verfahren, die dem Turing-Test der künstlichen Intelligenz ähnlich sind, beurteilt werden.²² Der nachträgliche Nachweis eines nanotechnologischen Eingriffes in die Natur wäre ausgeschlossen, wenn keine Wirkung menschlicher Handlungen mehr identifizierbar wäre. Vorliegen würde dann entweder ein seiner Struktur nach naturidentischer Stoff oder ein Stoff, dessen bisheriges Vorkommen in der Natur ebenso wenig ermittelbar wäre, wie dessen künstlicher Ursprung.²³ Die Anwendung des Kriteriums setzt das Wissen über alle vorhandenen Naturstoffe und -prozesse bzw. das Wissen über alle Merkmale menschlicher Herstellungen voraus.

Dem Kriterium zufolge hat es die Nanotechnologie mit natürlichen Atomen zu tun, wenn diese aus natürlichen Substanzen stammen (was in der Regel der Fall ist) oder ihre künstliche Herstellung wissenschaftlich nicht mehr nachweisbar ist. Insofern die Nanotechnologie natürliche Stoffe auf andere Weise gestaltet, als sie in der Natur

22 Vgl. G. Schiemann, „Kein Weg vorbei an der Natur“, S. 121 ff.

23 Mit dieser Fallunterscheidung präzisiere ich die nicht ganz eindeutige Formulierung, daß nanotechnologische Objekte zur Natur gehören, wenn sie von natürlichen Objekten nicht mehr unterscheidbar sind (vgl. G. Schiemann, „Kein Weg vorbei an der Natur“, S. 121 f.).

vorkommen, sind nanotechnologische Objekte, deren künstlicher Ursprung noch identifizierbar ist, *Hybride von Natur und Technik*.²⁴ Einen Gedanken von H. Jonas aufnehmend, möchte ich nun zwei Typen von nanotechnologischen Hybriden unterscheiden: *Auftrennbare* und *nichtauftrennbare Hybride*. Bei ersteren lassen sich der natürliche und der künstliche Anteil voneinander trennen, bei letzteren ist dies nicht möglich.²⁵ Paradigmatisch für die auftrennbaren Hybride sind mechanische Produkte, bei denen Naturstoff und künstliche Form jeweils für sich identifizierbar bleiben (z. B. nanotechnologische Motoren und Elektrik). Für die nichtauftrennbaren Hybride sind technisch manipulierte Organismen typisch (z. B. mit Nanopartikeln versetzte Zellen). Zur Differenz dieser Beispiele bemerkt Jonas: „Bei totem Stoff ist der Hersteller der allein Handelnde gegenüber dem passiven Material. Bei Organismen trifft Tätigkeit auf Tätigkeit: biologische Technik ist kollaborativ mit der Selbsttätigkeit des aktiven ‚Materials‘“.²⁶

Jonas diskutiert die Nichtauftrennbarkeit für die Gentechnologie. Seine Charakterisierung läßt sich darüber hinaus nicht nur auf die mit biologischem Material arbeitende Nanotechnologie, sondern allgemein auf jegliche Eingriffe des Menschen in die organische Natur anwenden (z. B. im Falle von gezüchteten Lebewesen). Technisches Handeln bewirkt in der organischen Natur eine Veränderung von Prozessen, so daß die nach dem Eingriff vorliegenden Zustände die Form einer nicht mehr auftrennbaren Kollaboration von Natur und Technik haben können. Mit anderen Worten: Der durch den menschlichen Eingriff mitverursachte Endzustand ist in aller Regel nicht mehr reversibel. In toxikologischer Hinsicht kann die Nichtauftrennbarkeit gravierende Folgen haben, wenn sich die auslösende Ursache

24 Diese Feststellung entkräftet die Kritik von K. Köchy an dem epistemischen Kriterium (K. Köchy, „Maßgeschneiderte nanoskalige Systeme“, S. 146-148). Seiner Auffassung nach läuft es auf die Behauptung hinaus, „nanotechnologische Gegenstände seien, da durch menschliches Handeln hervorgebracht, stets technisch hergestellte Gegenstände“ (K. Köchy, „Maßgeschneiderte nanoskalige Systeme“, S. 146). Diese Konsequenz ist für den Fall falsch, in dem die technische Herstellung nicht mehr nachweisbar ist. Ansonsten kommt nanotechnologischen Gegenständen in der Tat stets ein technischer (künstlicher, artifizieller) Charakter zu, aber nur in hybrider Verbindung mit Natur.

25 H. Jonas, „Laßt uns einen Menschen klonen: Von der Eugenik zur Gentechnologie“, in: ders., *Technik, Medizin und Ethik*, Frankfurt a. M. 1987, S. 163 ff. Vgl. J. Habermas, *Die Zukunft der menschlichen Natur*, S. 84 ff.

26 H. Jonas, „Laßt uns einen Menschen klonen“, S. 165.

nicht mehr isolieren läßt. Allerdings folgt aus der Nichtauftrennbarkeit keine andere als die bereits eingeführte Grenze der Nachweisbarkeit von technischen Eingriffen. Denn diese ist ja erst dann erreicht, wenn überhaupt keine Wirkung menschlicher Handlungen mehr identifizierbar ist.

Daß es aber in absehbarer Zeit nicht mehr gelingen wird, den *künstlichen Ursprung relevanter nanotechnologischer Objekte* (mit allen zu einer Zeit verfügbaren wissenschaftlichen Methoden) zu ermitteln, halte ich aus drei Gründen für unwahrscheinlich: *Erstens* geht es der Nanotechnologie vor allem um die Herstellung von künstlichen Produkten, die für die Menschen nützlicher sind als andere Produkte, unter die auch die in größerem Umfang aus Naturstoffen gewonnenen fallen. Da die Herstellung von nanotechnologischen Produkten deshalb darauf abzielt, sich im Ergebnis von natürlichen Objekten abzuheben, steht zu erwarten, daß die Differenz dieser zu jenen ermittelbar bleibt. *Zweitens* ist die Entwicklung der wissenschaftlichen Methoden zur Feststellung, ob ein künstlicher Ursprung eines Objektes vorliegt, weit vorangeschritten. *Drittens* unterscheiden sich die nanotechnologischen Herstellungsprozesse immer noch unverkennbar von den natürlichen Entstehungsprozessen.

5. Nanotechnologie und lebensweltliches Naturverständnis

Lebenswelt ist weniger schon mit nanotechnologisch hergestellten als vielmehr mit *nanotechnologisch versetzten* Produkten konfrontiert. Über die Hälfte der ca. 600 gegenwärtig nachweisbar auf dem Markt befindlichen Produkte, nämlich 369, fällt in den Bereich von Gesundheit und Fitness.²⁷ Hiervon bilden Kosmetika, Pflegemittel, Kleidung, Sportausrüstungen und Sonnencremes die größten Produktgruppen. Wie bei den bereits erwähnten Lebensmittelzusätzen handelt es sich bei diesen Produkten um Waren, von denen man annehmen kann, daß sie auch – wenn nicht sogar vornehmlich – in der unprofessionalisierten Alltagspraxis der Lebenswelt zur Anwendung kommen.²⁸

²⁷ Vgl. Anm. 2.

²⁸ Es gibt weitere solcher Produktgruppen wie Haus und Garten oder Kinderspielzeug, andere hingegen sind vermutlich weniger lebenswelttypisch wie Filtrationen,

Meist handelt es sich um schon eingeführte Produkte, denen zur Veränderung ihrer Eigenschaften sogenannte *Nanopartikel* beigemischt werden. Nach dem vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Projekt „NanoCare“, das sich speziell mit Anwendungen und Meßmethoden für den vorsorgenden und nachhaltigen Umgang mit Nanopartikeln befaßt, bezeichnen Nanopartikel „einen Verbund von wenigen bis einigen tausend Atomen oder Molekülen. [...] Präziser ausgedrückt, bezieht sich der Name [...] auf Partikelgrößen, die typischerweise bei einigen Nanometern liegen ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m} = 1 \text{ Milliardstel Meter}$). [...] Sowohl anorganische als auch organische Nanopartikel sind bekannt. Sie können aus nur einem Element bestehen, z. B. aus Metall oder Kohlenstoff oder aus Verbindungen, wie Oxide, Nitride usw. [...] Ihre] Gestalt [kann; G. S.] sehr uneinheitlich sein und verschiedenste Formen annehmen mit erheblichem Einfluss auf ihre Eigenschaften. Grundsätzlich verhalten sich Nanopartikel wegen ihres enormen Oberfläche-Zug-Masse-Verhältnisses gänzlich anders als größere Verbünde.“²⁹

Über ihren Einsatz berichtete jüngst *Der Spiegel*: „Sporthemden stinken nach dem Tragen nicht mehr – dank submikroskopisch kleiner Silberpartikel. Sonnencreme, einst weiß wie Theaterschminke, wird durchsichtig – Titandioxid im Nanoformat blockt zwar das schädliche UV-Licht ab, läßt aber das sichtbare Licht hindurch. Antifaltencremes wiederum wirken genau andersherum: Winzige Partikel spiegeln das Licht so geschickt in Stirnrunzeln hinein, daß diese kaum noch Schatten werfen und deshalb weniger auffallen. Und unsichtbar kleine Noppen auf Badezimmerkacheln lassen Schmutz abperlen durch den berühmten Lotos-Effekt, den man auch bei Wasserpflanzen beobachten kann.“³⁰

Die hier genannten Anwendungen sind zwar mit offensichtlichen, aber nicht einheitlich charakterisierbaren *Eigenschaftsveränderungen*

Vorrichtungen, Elektronik (vgl. Inventory von „Project on Emerging Nanotechnologies“ in Anm. 2).

29 Siehe zu Nanopartikeln z. B. die Website von „NanoCare“ unter <http://www.nanopartikel.info/startseite.html> (letzter Aufruf: 16.7.08; 13:50 h).

30 H. Schmudt, M. Verbeet, „Kleine Teilchen, großes Risiko“, in: *Der Spiegel*, Nr. 24/2008, S. 148. Vgl. auch M. Odenwald, „Wie gefährlich sind die mächtigen Zwerge?“, in: *Focus-Online*, 30.01.2008, abrufbar unter http://www.focus.de/wissen/wissenschaft/tid-8724/nanotechnologie_aid_235769.html (letzter Aufruf: 16.7.08; 13:55 h) sowie Verbraucherzentrale Bundesverband e.V. (vzbv) (Hrsg.), *Nanotechnologien*.

verbunden. Von den neuen Eigenschaften kann nicht ohne Kenntnis der Wirkmechanismen auf eine nanotechnologische Verursachung zurückgeschlossen werden. Zudem ist zu beachten, daß neue Eigenschaften vieler Produkte, die mit Nanopartikeln versetzt sind, lebensweltlich gar nicht in Erscheinung treten müssen. Dazu gehören Lebensmittelverpackungen und Lebensmittel mit Nanozusätzen. Die Lebenswelt hat keine eigenen Mittel, um den Einsatz von Nanopartikeln in ihrem Erfahrungsbereich zu erkennen. Sie ist vollständig auf die Angaben der Hersteller bzw. wissenschaftliche Untersuchungsmethoden angewiesen. Mit anderen Worten: Der bisher dominierende Einsatz der Nanotechnologie in der Lebenswelt verstärkt deren *Abhängigkeit von der Wissenschaft*.

Aus den im vorangehenden Abschnitt genannten Gründen möchte ich unterstellen, daß der wissenschaftliche Nachweis von Nanopartikeln in aller Regel unproblematisch erbracht werden kann. Aber obwohl man in jedem Einzelfall wissen könnte, ob eine für natürlich gehaltene Eigenschaft in Wirklichkeit künstlich hergestellt wurde, bewirkt der Einsatz von Nanoprodukten bemerkenswerte *Aufhebungen der lebensweltlichen Entgegensetzung von Natur und Technik*. Bei den im *Spiegel* beschriebenen Eigenschaftsänderungen dürfte die nanotechnologische Ursache normalerweise allenfalls den Anwendern bekannt sein, aber nicht dem Publikum, das die Effekte wahrnimmt (künstliche Beseitigung von Körpergeruch und Gesichtsfalten, Herstellung des Lotus-Effektes). Nanotechnologische Produkte, die im menschlichen Körper zum Einsatz kommen, verwandeln diesen für die Außenwelt unsichtbar in ein *Hybrid* von Natur und Technik. Nanotechnologisch hergestellte Stoffe mit naturidentischen Eigenschaften verbergen ebenfalls ihren technischen Ursprung und täuschen Natur vor, wo keine Natur mehr vorkommt.

Solche Untergrabungen sind *für die Nanotechnologie allerdings typisch*. Sie resultieren vergleichbar auch aus anderen wissenschaftlichen Technologien, wie etwa der Chemie, der Elektrotechnik und der Gentechnik. Gegenüber diesen Technologien zeichnet sich die Nanotechnologie ferner nicht durch eine besondere Kleinheit ihrer Partikel aus: Chemie und Gentechnik arbeiten ebenfalls im atomaren bzw. molekularen Bereich; zu den Wirkungen der Elektrotechnik gehören die Teilchen nicht wahrnehmbarer Strahlen. Wie bei den Produkten anderer Technologien sind die durch die Nanoprodukte erreichten Aufhebungen der lebensweltlichen Entgegensetzung von Natur und Technik zwar bemerkenswert, aber *nur partiell*. Nicht die

Ursache des Alterns wird verändert, sondern seine Erscheinungsweise leicht kaschiert; es wachsen keine künstlichen Blumen, sondern eine ihrer Eigenschaften wird an künstlichem Material imitiert.

Den Kern der Entgegensetzung, die kategoriale Differenz von Lebewesen und unbelebten technischen Gegenständen, hat der allgegenwärtige Einsatz von wissenschaftlicher Technologie in der Lebenswelt, in den sich die Nanoprodukte einfügen, bislang im wesentlichen nicht tangiert. Hierin reflektiert sich zum einen der in der gesamten Technologie wirksame *Abstand zwischen technischen und biologischen Gegenständen*. Technik vermag natürliche Prozesse zu modifizieren, ist aber noch weit von einer im Prinzip vielleicht möglichen Konstruktion von künstlichem Leben (ähnlich oder unterschieden von den bestehenden Formen) entfernt.³¹ Zum anderen besteht die Pointe der Technisierung der Lebenswelt in dem Ausmaß, mit dem sie sich gegenüber diesem Prozeß als *immun* erwiesen hat. Obwohl dem Großteil der in lebensweltlichen Gütern verwendeten Materialien längst nicht mehr anzusehen ist, in welchem Grad sie natürlichen Ursprungs sind, hat die Entgegensetzung von Natur und Technik noch längst nicht ihre Wirksamkeit verloren. Umgekehrt hat man vielmehr den Eindruck, daß sie mit der Relevanz der gegen sie gerichteten Aufhebungsversuche an Bedeutung gewinnt.³²

31 G. Schieman, „Kein Weg vorbei an der Natur“, S. 126.

32 Vgl. G. Schieman, „Natur auf dem Rückzug. Zur Relevanz der aristotelischen Unterscheidung von Natur und Technik“, in: M. Hauskeller, C. Rehmann-Sutter, G. Schieman (Hrsg.), *Naturerkenntnis und Natursein*, Frankfurt a. M. 1997, S. 145-160.