

Alfred Nordmann

## Wohin die Reise geht. Zeit und Raum der Nanotechnologie

2005

<https://doi.org/10.25969/mediarep/729>

Veröffentlichungsversion / published version

Sammelbandbeitrag / collection article

### Empfohlene Zitierung / Suggested Citation:

Nordmann, Alfred: Wohin die Reise geht. Zeit und Raum der Nanotechnologie. In: Gerhard Gamm, Andreas Hetzel (Hg.): *Unbestimmtheitssignaturen der Technik. Eine neue Deutung der technisierten Welt*. Bielefeld: transcript 2005, S. 103–123. DOI: <https://doi.org/10.25969/mediarep/729>.

### Nutzungsbedingungen:

Dieser Text wird unter einer Creative Commons BY-NC-ND 3.0 Lizenz zur Verfügung gestellt. Nähere Auskünfte zu dieser Lizenz finden Sie hier:

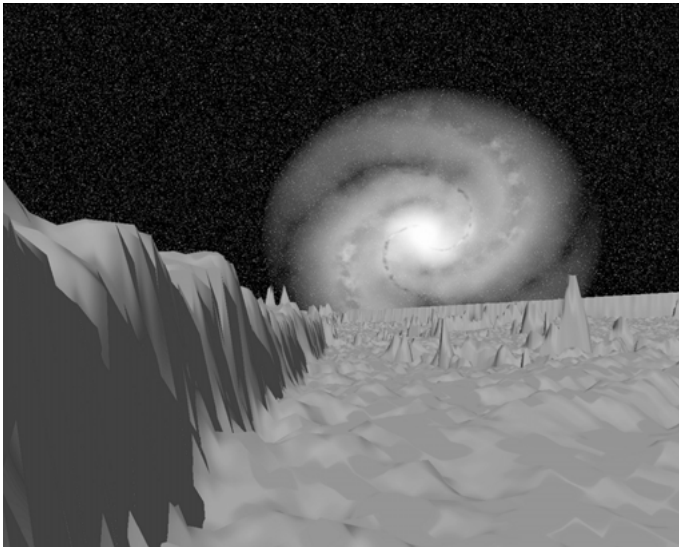
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0>

### Terms of use:

This document is made available under a creative commons BY-NC-ND 3.0 License. For more information see:

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0>

**WOHIN DIE REISE GEHT**  
**ZEIT UND RAUM DER NANOTECHNOLOGIE**  
Alfred Nordmann



Rastertunnelmikroskopie von Lutz Tröger aus dem Jahr 2001.<sup>1</sup>

Viele Technologien haben Bestimmung und Bestimmtheit erlangt. Unsere Großstädte mit ihren Hochhäusern gründen sich unter anderem auf den Fahrstuhl, der Fahrstuhl seinerseits auf eine dramatische Geste des Beweises seiner Verlässlichkeit.<sup>2</sup> Im New Yorker

---

1 | Trögers Bild erschien in der Ausstellung Grenzflächen 2001 mit Anspielung auf das Motto der Fernsehserie Raumschiff Enterprise »Nanospace: to boldly go where no man has gone before«.

2 | Vgl. Jeannot Simmen und Uwe Drepper: Der Fahrstuhl: Die Geschichte der vertikalen Eroberung, München 1984.

*Alfred Nordmann* Crystal Palace inszenierte nämlich Elisha Graves Otis 1854 allabendlich einen dramatischen Augenblick, in dem bezeichnenderweise nichts passierte. Auf dem Fahrstuhl stehend durchschnitt er das tragende Seil, aber der Fahrstuhl fiel nicht. Er konnte gar nicht fallen, denn der von Otis erfundene Fahrstuhl ist eine gespannte Feder, die nur darauf wartet, sich im Schacht festzukeilen.<sup>3</sup> Die tägliche Vorführung von Elisha Graves Otis bestand in einem Augenblick höchster Spannung und zugleich größtmöglicher Bestimmtheit. Otis präsentierte sich als ein Gegen-Archimedes: Gebt mir ein Messer und was passiert – hier und jetzt – ist ganz und gar nichts. Das gespannte Seil erschlafft, die Welt bleibt in ihren Angeln und der Fahrstuhl an seinem Platz, die Reise geht nicht weiter, nicht den Schacht hinab und auf keine bevorstehende Katastrophe zu. Dieser Augenblick hat normative Kraft, er ist ein Augenblick der sicheren Wahrheit, auf die sich unser Vertrauen in den Fahrstuhl vernünftigerweise gründet.

Seit 1854 hat sich der Fahrstuhl nicht als sonderlich gestaltungsoffen erwiesen – und dies entspricht vermutlich seiner klaren Bestimmung und Bestimmtheit, ist also gut so. Zwar hat sich seine Sicherheitstechnik unter der Hand durchaus verändert, zwar fahren nun manche Fahrstühle in runden Glasschächten an Außenwänden entlang und doch wissen wir weiterhin ganz genau, wohin die Reise geht, nämlich in den 13. Stock oder das Erdgeschoss. Erst in jüngster Zeit rückte der Fahrstuhl wieder in den Horizont des Unbestimmten – und dies dank der Nanotechnologie. Ihren Visionen zufolge sollen wir nun mit dem Fahrstuhl eine durchaus ungewisse Reise in den Weltraum antreten. Prinzipiell können nämlich so genannte Kohlenstoff Nanoröhrchen zu einem unerhört starken und leichten, praktisch unbegrenzt langen Seil gewunden werden. Befestigen wir ein Ende dieses Seils am Äquator, das andere Ende an einem Satelliten, können wir auch schon mit Gewicht und Gegengewicht an diesem Seil entlang in einer Kabine zum Satelliten aufsteigen.<sup>4</sup> Angesichts dieses Fahrstuhls wissen wir gleich in mehrfacher Hinsicht nicht mehr oder noch nicht, wohin die Reise geht. Wenn wir am

---

3 | In seinem Naturzustand steht dieser Fahrstuhl still. Gespannt wird die Feder durch das Seil, bzw. das Prinzip von Kraft und Gegenkraft. Der Kraft des am Fahrstuhl hängenden Seils entspricht die Kraft des Seils auf den Fahrstuhl. Sie wird genutzt, um die Feder zu spannen und den Fahrstuhl so zu verschlanken, dass er sich im Schacht überhaupt hinauf und hinunter bewegen kann. Reißt das Seil, kehrt der Fahrstuhl sofort in seinen Naturzustand zurück und setzt sich im Schacht fest. Vgl. Alfred Nordmann: »Fusion and Fission, Governors and Elevators« in: Edmund Byrne/Joseph Pitt (Hg.), *Technological Transformation: Contextual and Conceptual Implications*, Dordrecht 1989, S. 81–92.

4 | Vgl. Anatol Johanson: »Fahrstuhl zu den Sternen«, in: *Frankfurter Rundschau* vom 31.8.2004, S. 23.

Äquator einsteigen und im Weltraum ankommen, wo sind wir da eigentlich und was sollen wir dort tun? Was würde es bedeuten, wenn das Seil doch einmal reißt und sich um die Erde wickelt?<sup>5</sup> Vor allem jedoch, wie erwartbar ist dieser Fahrstuhl in den Weltraum eigentlich – handelt es sich hierbei um eine wild spekulative Zukunftsvision oder um eine relativ leicht realisierbare Anwendung der Nanotechnologie? Nicht einmal die hiermit befasste Forschung gibt verlässliche Antworten auf diese Fragen.

Diese Art von Unbestimmtheit macht die Nanotechnologie und andere Schlüsseltechnologien wesentlich aus.<sup>6</sup> Bereits ihre Gründungsdokumente laden uns ein, »ein neues Feld der Physik zu betreten«, und geben das technische Versprechen, dass die Nanotechnologie »vermutlich die Entwürfe und Herstellungsverfahren von praktisch allem ändern wird – von Impfstoffen zu Computern zu Autoreifen und heute noch nicht einmal vorgestellten Objekten«.<sup>7</sup> Während Richard Feynman 1959 aufforderte, den vielen Platz zu nutzen, den es nicht nur im Weltraum, sondern auch »ganz unten« auf molekularer Ebene zu entdecken gibt, platzieren heutige Forscher molekulare Landschaften in kosmische Dimensionen. Somit findet die Unbestimmtheit der Nanotechnologie ihren bildlichen Ausdruck in der Weltreise mit unbegrenztem Horizont und ungewissem Ziel.

Wie immer, wo es etwas noch Unbestimmtes zu bestimmen gilt, ist dies keine bloß faktische Angelegenheit (»wie sieht die einmal realisierte Nanotechnologie eigentlich aus?«), sondern vor allem auch eine normative Frage (»was wird uns im Namen der Nanotechnologie abverlangt, was sollen wir von der Nanotechnologie wollen?«). Bevor wir sagen können, wohin die Reise geht, müssen wir somit einen kritischen Standpunkt behaupten, von dem aus das Ziel der Reise eingeschätzt werden kann. Mit dieser Suche nach einem

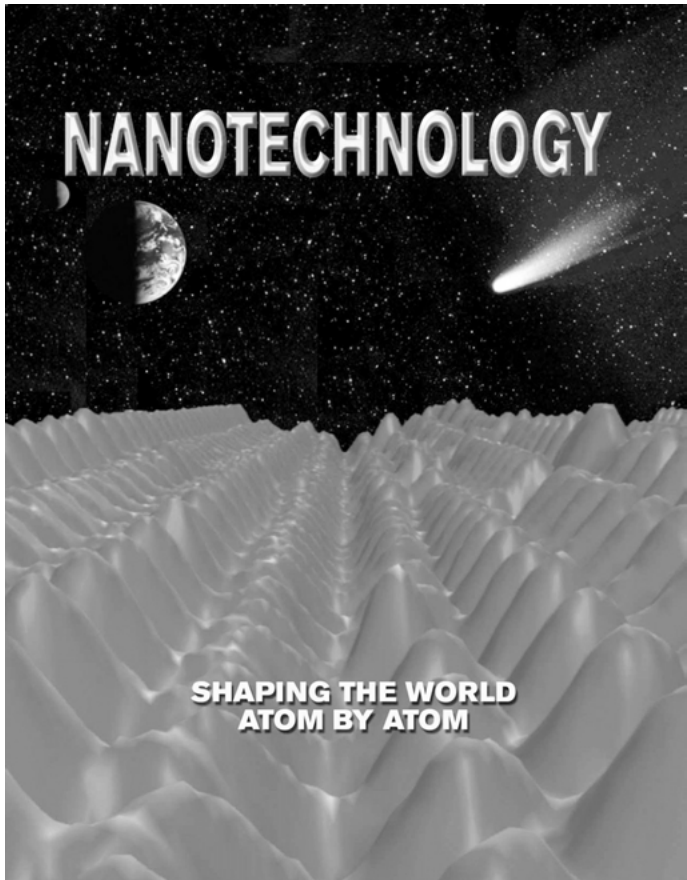
---

5 | Vgl. hierzu den Science Fiction Roman von Kim Stanley Robinson: *Red Mars*, New York 1993.

6 | Dies ist nicht der Ort, um auf den Begriff der »Schlüsseltechnologie« näher einzugehen. So viel jedoch ist offensichtlich bereits im Namen enthalten: Für Technologien, die Schlüssel und Werkzeuge produzieren (Nano-, Bio-, Informations- und Kommunikationstechnologie und womöglich ihre Konvergenz), muss überhaupt erst bestimmt werden, welche Schlösser und somit auch welche Türen mit ihrer Hilfe eigentlich geöffnet werden sollen. Vgl. Alfred Nordmann (als Berichterstatter für die Expertengruppe »Foresighting the New Technology Wave«): *Converging Technologies: Shaping the Future of European Societies*, Brüssel 2004.

7 | Richard Feynman: »There's Plenty of Room at the Bottom: An invitation to open up a new field of physics«, in: *Engineering and Science* 23:5 (1960), S. 22–36, und Interagency Working Group on Nanoscience, Engineering and Technology: *Nanotechnology – Shaping the World Atom by Atom*, Washington 1999.

*Alfred Nordmann* kritischen Standpunkt verbindet sich die auf den ersten Blick unüberwindliche Schwierigkeit, dass wir über Zukünftiges urteilen müssen, also über die Bestimmungen, die die Nanotechnologie erst annehmen wird. Da dieses Zukünftige nicht bloß ein naher oder ferner Punkt in gleichförmig fortschreitender Zeit ist, sondern eine veränderte historische Situation bedeutet, kann nicht vorausgesetzt werden, dass heutiges Wissen, heutige Werte und Wertkonflikte, heutige Handlungsspielräume auf diese Zukunft anwendbar sind – selbst wenn wir jetzt schon wissen könnten, was sie technisch zu bieten hat.<sup>8</sup>



Titelbild der 1999 erschienen Broschüre, die die US-amerikanische National Nanotechnology Initiative vorbereitet

---

8 | Auch letztere Annahme ist nur haltbar, wenn Technikentwicklung als determinierte Entfaltung in der Zeit und nicht als historischer Prozess verstanden wird.

Dieser Schwierigkeit stellt sich die Technikfolgenabschätzung, mit ihr gehen auch diverse theoretische Positionen zur Entwicklung der Nanotechnologie um. Sie haben sich das gemeinsame Ziel gesetzt, die Problematik einer »Zukunftstechnologie« zu vergegenwärtigen. Der folgende Überblick über einige hierfür gewählte Strategien führt auf die grundsätzliche Frage, ob wir uns die Reise überhaupt als eine Reise in der Zeit oder in die Zeit vorstellen sollen oder ob es nicht gute Gründe dafür gibt, lieber gar nicht über eine nanotechnisch geprägte Zukunft, sondern über die nanotechnische Durchdringung des Raums zu sprechen.

*Zeit und  
Raum der  
Nanotechnologie*

## Die Zukunft der Nanotechnologie

Armin Grunwald verknüpft die Frage nach der Gestaltbarkeit der Nanotechnologie mit der Frage danach, wie wir uns ihre Zukunft vorstellen. Hierfür stellt er drei unauflöslich konkurrierende Zukunftsvorstellungen nebeneinander.<sup>9</sup> Die *prognostische* Sicht setzt eine Zukunft voraus, die wir im vor hinein kennen können, die somit bereits gegeben und gegenüber unseren Interventionen immun ist. Für die *gestalterische* Sicht dagegen ist die Zukunft offen, ein unbeschriebenes Blatt. Erst durch unsere Handlungen wird sie überhaupt realisiert. Die *evolutive* Sicht der Zukunft bezieht eine historische Perspektive auf die Zukunft. Hiernach wird die Zukunft der Technikentwicklung wie ihre Vergangenheit sein – und was der historische Blick enthüllt ist allemal, dass sich aus einem vergangenen Zustand die Zukunft nicht ableiten lässt, dass die Zukunft in diesem Blickwinkel immer offen, nicht determiniert, nicht antizipierbar ist; der historische Ansatz weist für jede Gegenwart aber nach, dass sie sich ihrer Vergangenheit auf vielfältige Weise verdankt und keineswegs etwa willkürlich gestaltbar war. Die evolutive Sicht bietet somit keine unmittelbaren Gestaltungsmöglichkeiten, sie hilft allenfalls, Triebkräfte der Technikentwicklung zu identifizieren und Rahmenbedingungen festzusetzen.

Es gibt nun kein Kriterium der Richtigkeit für diese drei Sichten auf Zukunft. Grunwald betrachtet sie daher als unentscheidbar, verlangt aber zur Rationalisierung des Technikdiskurses, dass wir diese Sichtweisen jeweils klar auszeichnen, sie als letztlich unbegründete Vorannahmen kenntlich machen.<sup>10</sup> Ein normatives Kriterium legt er

---

9 | Vgl. Armin Grunwald: »Die Unterscheidbarkeit von Gestaltbarkeit und Nicht-Gestaltbarkeit der Technik«, in: Armin Grunwald (Hg.), Technikgestaltung zwischen Wunsch und Wirklichkeit, Berlin 2003, S. 19–38.

10 | In zwei Aufsätzen zeigt Cynthia Selin, dass unterschiedliche Zeitvorstellungen (evolutionär oder revolutionär verlaufende Zeit, mittel- oder langfristige

Alfred nahe, wenn er die Unterscheidung von Teilnehmer- und Beobachterperspektive betont, dass nämlich die drei Sichten nur aus der Beobachterperspektive gleichwertig oder unentscheidbar erscheinen, während die Teilnehmerperspektive den gestalterischen Zugang, den Glauben an Gestaltbarkeit als eine Art Imperativ des Praktischen oder Politischen behaupten muss oder soll. Eine Heuristik der Vorsicht, eines umsichtigen Kosten-Nutzen Kalküls oder zum Beispiel der Nachhaltigkeit kann kritische Grenzwerte festlegen oder positive Leitbilder etablieren, auch wenn etwa die evolutiv-historische Beobachterperspektive gegenüber der Teilnehmerperspektive immer Recht behalten und letztere als vielleicht notwendige Illusion entlarven wird.<sup>11</sup> Egal jedoch, welche Sicht der Zukunft jeweils adäquat ist, die Zukunft ist in jedem Fall ganz einfach das, was sich in künftiger Zeit ereignen wird.

Für Jean-Pierre Dupuy dagegen ist die Zukunft der Nanotechnologie nicht, wie sie sich im Lauf der Zeit so oder so entwickeln wird. Die Zukunft der Nanotechnologie ist das, was ihrem *logos* entspricht, was in unserer jetzigen Vorstellung der Nanotechnologie bereits angelegt ist, also etwa in der Programmatik eines »bottom up«-Ansatzes, der sich Prinzipien der Selbstorganisation zu Nutze macht und die vorgefundene Welt als eine Summe von Eigenschaften betrachtet, die sich einer bestimmten molekularen Architektur verdanken, die nach Bedarf reproduziert oder manipuliert werden können.<sup>12</sup>

---

Horizonte, gestaltbare oder unausweichliche Entwicklung etc.) in den Streit darum hineinspielen, was Nanotechnologie überhaupt ist. Die verschiedenen Sichten auf die Zukunft existieren also einerseits unauflöslich nebeneinander her, treten andererseits aber auch in Konflikt. Selin orientiert sich dabei unter anderem an Nik Brown/Brian Rappert/Andrew Webster (Hg.): *Contested Futures – A Sociology of Prospective Techno-Science*, Aldershot 2000, vgl. Cynthia Selin: »Expectations in the Emergence of Nanotechnology«, Vortrag in der Conference Paper Database der 4. Triple Helix Conference, Kopenhagen 2003, und »Time Matters: Temporal Division and Coordination in Nanotechnology Networks«, Manuskript 2004.

11 | Diese Grenzwerte und Leitbilder orientieren sich nicht an mehr oder weniger allgemeinen Definitionen der Nanotechnologie, sondern beschränken sie auf Handlungsbereiche, die durch die instrumentell vermittelte Forschungspraxis bereits konstituiert wurden. Statt zu definieren »der Nanobereich ist überall, wo Moleküle sind«, ist für Grunwald der Nanobereich dort, »wo Maschinen bereit stehen, mit denen auf der Nanoskala analysiert und manipuliert werden kann« (persönliche Mitteilung).

12 | Vgl. sein Manuskript »The Philosophical Foundations of Nanoethics: Arguments for a Method«, Vortrag auf der Nanoethik Tagung, University of South Carolina, März 2005; vgl. auch »Complexity and Uncertainty«, in: *Foresighting the New Technology Wave: State of the Art Reviews and Related Papers*.

Dupuy stellt seinen aufgeklärten Katastrophismus, sein »enlightened doomsaying« in diesem Band selbst vor. Mit der von Grunwald am stärksten kritisierten prognostischen Sicht hat er gemein, dass er die Zukunft als eine schon gegebene, nicht gestaltbare setzt.<sup>13</sup> Grunwald schreibt hierzu: »Der Zusammenhang von Prognostik und Determinismus führt zu der absurden Situation, dass wenn optimale Prognosen möglich wären, sie gar nicht mehr gebraucht würden.« Dupuys Ansatz zeichnet sich dadurch aus, dass er diese Absurdität, dieses Paradox als einen Moment möglicher Abkehr begreift.

Nach Dupuy gibt es kein Warenhaus der Zukünfte, aus dem wir uns nach Nachhaltigkeitskriterien oder anderen Gestaltungsmaßnahmen eine uns genehme aussuchen dürfen. Wer sich in einem solchen Warenhaus befindet, wird die Katastrophe schon angesichts der verbleibenden Auswahl nicht für glaubwürdig halten. Die Bedeutung der Zukunft kann nicht darin bestehen, dass sie in künftiger Zeit erst entsteht, sondern ergibt sich daraus, dass sie die Zukunft ist, unsere eine und einzige Zukunft. Sie steht fest – nicht jedoch im Sinne einer eindeutig prognostizierten, eigenlogisch aus der Gegenwart hervorgegangenen Zukunft, sondern im Sinne einer prophetisch projizierten, im *logos* der Nanotechnologie enthaltenen oder behaupteten Zukunft. Wir brauchen »ein *Bild* der Zukunft, das einen geschlossenen Kreis zwischen ihrer kausalen Hervorbringung und der sich-selbst-erfüllenden Erwartung an sie ist.«<sup>14</sup>

Dupuys aufgeklärter Kassandraruß setzt ein Bild der Zukunft, das nicht im Detail ausgeführt ist. Einerseits bleibt die Zukunft nanotechnologischer Entwicklungen unkenntlich und unbestimmt, andererseits können wir wissen, dass sie die Katastrophe ist. Den bloß scheinbaren Widerspruch löst Dupuy leicht auf, in dem er den katas-

---

13 | Wichtig ist dabei aber der Unterschied, dass die prognostische Sicht von einer Technikentwicklung ausgeht, die einer inneren Logik folgt, während unsere gegenwärtige Auffassung von Technik, Natur und Mensch nach Dupuy eine bestimmte Zukunft bereits determiniert, insofern also gar keine Prognose erfordert.

14 | J.-P. Dupuy: »Complexity and Uncertainty«; im Original und größeren Zusammenhang lautet diese Passage: »One can succinctly capture the spirit of this approach with the following words: it is a matter of obtaining through research, public deliberation, and all other means, an image of the future sufficiently optimistic to be desirable and sufficiently credible to trigger the actions that will bring about its own realization. It is easy to see that this definition can make sense only within the metaphysics of projected time, whose characteristic loop between past and future it describes precisely. Here coordination is achieved on the basis of an image of the future capable of insuring a closed loop between the causal production of the future and the self-fulfilling expectation of it.« Vgl. Dupuys Beitrag zu diesem Band.



Alfred Nordmann tropischen Charakter der Nanotechnologie unmittelbar aus ihrer objektiven Unbestimmtheit herleitet. Objektiv ist dieses Nichtwissen, weil es nicht von unserem zufällig begrenzten Wissensstand abhängt, sondern eine systematische Unvorhersagbarkeit bedeutet und die Unwissenheit also nicht bloß epistemisch ist. Wir begegnen dieser Art von systematischer Unvorhersagbarkeit zum Beispiel in der Dynamik nicht-linearer komplexer Systeme, von Systemen also, die irgendwann nicht mehr schrittweise vor- und rückschreiten, sondern an einem nicht berechenbaren Punkt irreversibel umkippen, sich also katastrophisch verhalten. Dupuy bemerkt hierzu: »Dieser plötzliche Verlust der Widerständigkeit gibt Ökosystemen eine Eigenheit, für die jeder Ingenieur, der sie auf künstliche Systeme übertragen wollte, sofort gefeuert würde: Die Alarmsignale gehen erst dann los, wenn es zu spät ist.«<sup>15</sup> Diese Systemeigenschaft der Natur kann bereits dort jederzeit geltend werden, wo technischer Fortschritt, ausschweifendes Konsumverhalten, Raubbau, Überbevölkerung und Verschmutzung aller Art die Grenzen ihrer Widerständigkeit immer größeren Belastungen aussetzt. Eine Zuspitzung erfährt die Situation nun aber, wo quasi-naturhafte technische Systeme geschaffen werden sollen, deren komplexe Interaktionen weitere Instabilitäten einführen – wo nanotechnische Forschung beispielsweise Selbstorganisationsprozesse nutzbar macht und sich von neuen Materialeigenschaften überraschen lassen will. Hybridisierung von Technik und Natur heißt hier, dass wir durch Komplexitätserhöhung objektives Nichtwissen und katastrophische Instabilität noch erhöhen.

Wenn es einen Ausweg aus der Katastrophe gibt, dann besteht er jedenfalls nicht in Prävention oder Verhinderung, in vorbeugenden Maßnahmen, besserer Sensorik, strengeren Gesetzauflagen oder ähnlichem. Wie vielleicht bei Heidegger oder seinen Schülern könnte der Ausweg nur in einem Zurückschrecken vor der Katastrophe bestehen, in einem Unfall oder einer Singularität: »Es geht darum, sich

---

15 | Ebd.; im Original lautet diese Stelle: »Beyond certain *tipping points*, they veer over abruptly into something different, in the fashion of phase changes of matter, collapsing completely or else forming other types of systems that can have properties highly undesirable for people. In mathematics, such discontinuities are called *catastrophes*. This sudden loss of resilience gives complex systems a particularity which no engineer could transpose into an artificial system without being immediately fired from his job: the alarm signals go off only when it is too late. And in most cases we do not even know where these tipping points are located. Our uncertainty regarding the behavior of complex systems has thus nothing to do with a temporary insufficiency of our knowledge, it has everything to do with objective, structural properties of complex systems.«

auf der Grundlage eines negativen Projekts zu koordinieren, das die Form einer festgelegten Zukunft annimmt, *die nicht gewollt ist.*<sup>16</sup> Dupuy hat die Möglichkeit einer solchen Singularität angesichts der einen gegebenen Zukunft mathematisch-begrifflich zu erweisen gesucht. Historisch spürt er sie in der Geschichte des nuklearen Wett-rüstens auf, in der die Aussicht auf eine auch vom Zufall produzierbare »mutually assured destruction« so etwas wie eine grundsätzliche Abkehr ermöglichte. Unter expliziter Bezugnahme auf Hans Jonas, Günther Anders und Hannah Arendt empfiehlt Dupuy somit eine Heuristik nicht der Umsicht oder des Kalküls, sondern der Furcht.

Mit expliziter Bezugnahme auf Ernst Bloch verfolgt George Khushf gegenüber der Nanotechnologie schließlich eine Heuristik der Hoffnung.<sup>17</sup> Die Zukunft ist für ihn weder, was in künftiger Zeit geschieht, noch was im *logos* der Nanotechnologie bereits enthalten ist, sie ist Vorschein eines verantwortlich zu realisierenden Potenzials, der von Bloch beschworenen Allianztechnik:

»Die endgültige manifestierte Natur liegt nicht anders wie die endgültig manifestierte Geschichte im Horizont der Zukunft, und nur auf diesen Horizont laufen auch die künftig wohlherwartbaren Vermittlungskategorien konkreter Technik zu. Je mehr gerade statt der äußerlichen eine Allianztechnik möglich werden sollte, eine mit der Mitproduktivität der Natur vermittelte, desto sicherer werden die Bildekräfte einer gefrorenen Natur erneut freigesetzt.«<sup>18</sup>

Während Dupuy vor einer Technologie warnt, die die Bildekräfte einer keineswegs am Fortbestehen der menschlichen Art interessierten Natur freisetzt, setzt Khushf auf einen Bildungsprozess von Mensch und Natur.<sup>19</sup> Während Dupuy ein negatives Projekt verfolgt, das keine Prävention, keine vorgreifende Abhilfe erlaubt, sondern Ab-

---

16 | Ebd.

17 | Die technikphilosophische Komplementarität von Jonas' »Heuristik der Furcht« und Blochs »Heuristik der Hoffnung« wurde schon von Wolfgang Bender identifiziert in »Zukunftsorientierte Wissenschaft – Prospektive Ethik«, in: Anna Wobus u.a. (Hg.), Stellenwert von Wissenschaft und Forschung in der modernen Gesellschaft in: Nova Acta Leopoldina, Neue Folge, Band 74, Nr. 297, Heidelberg 1996, S. 39–51.

18 | Ernst Bloch: Das Prinzip Hoffnung, Frankfurt/Main 1973, S. 807.

19 | Vgl. E. Bloch: Prinzip Hoffnung, S. 810, wo unter Berufung auf Kants Charakterisierung der künstlerischen Einbildungskraft eine Technik vorgestellt wird, die wie Natur wirkt und als Natur angesehen werden kann. In dem Aufsatz »Noumenal Technology: Reflections on the Incredible Tininess of Nano«, in: *Techné* 8:3 (2005) identifiziere ich gerade diese Naturanmutung einiger Gen- und Nanotechnologien mit ihrer offenbaren Unheimlichkeit.

*Alfred Nordmann* kehrt verlangt, ist Khushfs Projekt positiv auf die Realisierung einer sich bereits ankündigenden neuen Welt gerichtet. Und während Dupuy Ethik als Liebe der menschlichen Fragilität versteht, die sich selbst radikal herausfordern und bezweifeln kann, definiert Khushf Ethik als einen Akt der Freiheit, der in der Reflektion und dem Hervorbringen des Guten besteht.

In einem mit den notwendigen Vereinfachungen populär gehaltenen Vortrag skizziert Khushf die Aufgabe, eine verantwortbare Zukunft zu konzipieren.<sup>20</sup> Zu jeder Zeit bestehe ein Equilibrium zwischen technischem Entwicklungsstand, Lebensentwürfen, ethischen Normen. Jede auch noch so graduell-kontinuierliche technische Entwicklung stört dieses Equilibrium, macht neue Lebensentwürfe möglich und neue ethische Normen nötig. Ist die technische Entwicklung radikal diskontinuierlich, bedeutet dies keine mehr oder weniger große Abweichung vom Equilibrium, sondern im Sinne der nicht-linearen komplexen Dynamik eine spontane Neuordnung auf höherer Ebene. Im Normalfall und bei bloßer Abweichung von einem wiederherzustellenden Equilibrium muss die Ethik hinterher eilen, die neuen Probleme dingfest machen und in traditionelle Diskurse rückbinden. Die Visionen der Nanotechnologie und der Konvergenz von Nano-, Bio- und Informationstechnologie wollen aber auf einen radikalen Wandel, einen neuen Modus der Forschung, der Technik, der gestaltbaren Lebensentwürfe hinaus. Sie streben ein Equilibrium auf neuer Ebene an und fordern Ethik im Sinne der schöpferischen Hervorbringung dessen, was sein soll.

Dieses ethische Projekt vollzieht sich nun auf allen Ebenen, auf denen die Bildekräfte und Selbstorganisation der Natur freigesetzt werden. Auf der einen Ebene will sich etwa die Nanotechnologie die Selbstorganisation der Natur zunutze machen, auf einer anderen Ebene bewirkt eben dieses Strukturparadigma der Selbstorganisation eine Neuorganisation der Disziplinen, die die Natur nun nicht mehr klassisch-hierarchisch untereinander aufteilen, auf einer dritten Ebene dienen die neuen Technologien schließlich als Auslöser für eine Neuorganisation aller Lebenszusammenhänge. Sobald wir den

---

20 | Vgl. George Khushf: »The Ethics of NBIC Convergence for Human Enhancement: On the Task of Framing a Responsible Future«, Vortrag bei der Tagung NBIC Convergence 2004, New York, Februar 2004, vgl. aber auch sein »The Ethics of Nanotechnology – Visions and Values for a New Generation of Science and Engineering«, in: National Academy of Engineering: Emerging Technologies and Ethical Issues in Engineering, Washington: 2004, S. 29–55, außerdem »Systems Theory and the Ethics of Human Enhancement: A Framework for NBIC Convergence«, in: Annals of the New York Academy of Sciences, Nr. 1013 (2004), S. 124–149. Die folgende Darstellung basiert darüber hinaus auf einer Reihe persönlicher Gespräche.

nanotechnologischen Anspruch auf radikale Transformation der Wissens- und Gesellschaftsorganisation ernst nehmen, so Khushf, ist die Ethik bereits im Spiel der möglicherweise konkurrierenden Vorstellungen vom »wirklichen Einbau der Menschen in die Natur.«<sup>21</sup> Was sich hier auf allen Ebenen gleichzeitig vollzieht und den Forschungsprozess in größere Zusammenhänge integriert, ist ein reflexiver Zirkel, der tradierte Normen als zunächst äußere Regeln aufnimmt und in ein reifes Selbstverständnis transformiert, der somit seinerseits nach dem Schema von Selbstorganisationsprozessen verläuft:

»Es gibt einen wichtigen Unterschied im Umgang von Kindern und Erwachsenen mit Ethik. Für Kinder sind ethische Normen von außen aufgezwungene Einschränkungen des Wünschens und Wollens. Regeln hindern sie daran, die Süßigkeit zu essen, Johns Spielzeug zu nehmen oder lieber zu spielen als zur Schule zu gehen. Für den Erwachsenen werden diese Regeln internalisiert. Die äußerlichen Regeln über Süßigkeiten, Stehlen und Schulbesuch werden in ein Wissen über richtige Ernährung, zwischenmenschlichen Umgang und Erkenntnisgewinn transformiert. Erwachsene transformieren die Regeln in Werkzeuge, mit denen sie verantwortlich ihre Zukunft gestalten können. Wir sollen nur als Erwachsene die radikal neue Welt betreten, die sich vor uns öffnet.«<sup>22</sup>

In der Selbst-Erziehung des Menschengeschlechts befindet sich somit die Zukunft heute noch in ihrer Kindheit, kündigt aber bereits ihre gereifte Persönlichkeit an. Gestaltung dieses Prozesses ist für Khushf Bildung, wobei mit der äußeren Bildung einer radikal neuen Welt die implizite und explizite innere ethische Verpflichtung auch der Forscher und Entwickler einhergeht. Die Konvergenz verschiedener Technologien und Disziplinen kann hiernach etwas ganz anderes sein als die bloße Entfesselung der Produktivkräfte von Wissenschaft und Industrie: »mit einer sich neu entwickelnden Form der ethischen Reflektion, kann diese Konvergenz verantwortlich in eine Zu-

---

21 | Vgl. E. Bloch: Prinzip Hoffnung, S. 817.

22 | G. Khushf: »Ethics of NBIC Convergence«. Daraus ergibt sich auch, dass Khushf im Gegensatz zu Dupuy die Bildekkräfte der Natur für ihrerseits bis zu einem gewissen Grade gestaltbar hält. Er selbst arbeitet durchaus innovativ auf die Gestaltung solcher Prozesse hin. Beispielsweise hat er in Zusammenarbeit mit Molekularbiologen, Genetikern, Medizinern, Bioethikern ein Forschungskonzept formuliert, das den zitierten reflexiven Zirkel integriert und selbstorganisierend auf höherstufige Transformationen der gemeinsamen Begriffsbildung zielt. – Weniger deutlich, aber doch präsent ist die Perspektive auf die »Bildung« einer »neuen Generation« von Natur- und Ingenieurwissenschaft und in deren Verlauf auch die »Reifung« der Menschheit in Khushfs Aufsatz »The Ethics of Nanotechnology«.

Alfred Nordmann kunft führen, in der die Antriebskräfte des Wachstums zugleich Antriebskräfte der Selbst-Regulierung, Reflektion und mündigen Selbst-Regierung sind.«<sup>23</sup>

## Aus der Zeit in den Raum

Wenn die Reise der Nanotechnologie in die Zukunft führt, so ist diese Zukunft somit vielseitig unbestimmt. Unbestimmt ist nicht nur, ob Grunwalds prognostisches, gestaltbares, evolutives, Dupuys projektives oder Khushfs selbstbildendes Verhältnis gelten soll. Unbestimmt bleibt auch nach jeder dieser Sichtweisen, was diese Zukunft eigentlich ist, wie sie etwa in unsere technikpolitischen Argumentationen hineinspielen soll.<sup>24</sup> Selbst Dupuys projektive Fixierung auf die eine katastrophische Zukunft konstruiert diesen Bezug letztlich metaphysisch.<sup>25</sup> Die Zukunft, der Zeithorizont der Nanotechnik ist nach all diesen Konzeptionen gleichermaßen die Erwartung des Un-erhörten.<sup>26</sup> Eben dies scheint mir ein erstes Argument dafür zu sein, den Zukunftsbezug ganz aufzugeben oder zu brechen, also gar nicht über die Zukunft der Nanotechnologie zu spekulieren.<sup>27</sup>

---

23 | Ebd.

24 | In ihrem Vortrag »The Role of Anticipatory Rhetorics in Discussions of Nanotechnological Ethics« hat Valerie Hanson daher davor gewarnt, dass der Ausblick auf die Realisation programmatisch angelegter Anwendungen den Blick auf die bereits offenbaren Eigenheiten der Technik verstellt, dass zweitens die Schulung ethischer Sensibilität für künftige Situationen davon abhält, jetzige Reaktionen ernst zu nehmen.

25 | Einerseits wird der Nanotechnologie faktisch zugetraut, was ihrem *logos* entspricht, also beispielsweise dass sie Selbstorganisationsprozesse technisch nutzbar zu machen verstünde. Andererseits wird der Mensch auf die jetzigen Bedingungen des Menschseins festgelegt und zwar nicht als die einzigen, die ihm zur Sinngebung zur Verfügung stehen, sondern als die einzigen, die ihm jemals zur Verfügung stehen werden.

26 | Vgl. Andreas Kaminski: »Technik als Erwartung«, in: *Dialektik* 2004/2, S. 137–150.

27 | Mit der Aufgabe des Zukunftsbezugs ist der Verzicht nur auf einen *historischen* Zeitbegriff verbunden. In einem historischen Zeithorizont verändert sich das Subjekt der Geschichte. Dies ist im bloß *technisch-empirischen* Zeitverlauf nicht der Fall. Natürlich vollzieht sich auch jede »Raumfahrt« in der Zeit, wobei das Subjekt auf einer Trajektorie »reist«, dabei aber unverändert erhalten bleibt. Diese zugegebenermaßen idealisierte Gegenüberstellung müsste ergänzt werden um eine Zukunftsvorstellung, die auch die »Zukunft« nicht mehr historisch denkt, sondern als einen Raum, in den wir zeitreisend vordringen. Eben diese enthistorisierte »Zukunft« ist vielleicht der Angelpunkt, der die Zweideutigkeit

Ob misstrauisch oder vertrauensvoll, es verliert sich mit dem Bezug auf das Unerhörte und Zukünftige jede Möglichkeit eines normativ-rationalisierenden Moments, an dem sich Widerstand und Akzeptanz wie 1854 Angesicht zu Angesicht mit Elisha Graves Otis und seinem Fahrstuhl kristallisieren kann. Christoph Hubig zitiert Hans Blumenberg dahingehend, dass im Zeithorizont transklassischer Technik das »noch nicht« und das »nicht mehr« zusammenfallen, dass die Sphäre, in der wir noch keine kritischen Fragen stellen können, identisch wird mit der Sphäre, in der wir keine Fragen mehr stellen.<sup>28</sup> Diesseits der technischen Innovation wissen wir noch nicht, wie sie uns gesellschaftlich, politisch, moralisch herausfordert wird.<sup>29</sup> Jenseits der technischen Innovation sind wir schon ganz andere geworden und können nicht mehr auf die Bewertungsmaßstäbe zurückgreifen, die nun in unsere technisch-zivilisatorische Vorgeschichte fallen. In diesen Zeithorizont, der uns systematisch des entscheidenden, sei es realen oder fiktiven Eingriffsmoments beraubt, sollten sich politische Subjekte nicht stellen. Darum der Vorschlag, die Reise der Nanotechnologie nicht als Reise in die Zukunft, sondern als Reise in den Raum vorzustellen, als eine Reise somit, die zwar auch technisch-empirische Zeit dauert, auf der sich unser moralischer Standpunkt jedoch in all seiner Kontingenz und Fragilität erhält.<sup>30</sup>

---

des Bilds vom Nanokosmos ausmacht: Zunächst sehen wir nur eine Reise in den Weltraum, dieser Weltraum soll aber auch für einen Zukunftsraum stehen, der im empirischen Zeitverlauf nur noch besetzt oder besiedelt werden muss. Dass diese Zukunft die zeitreisenden Subjekte auch historisch transformiert, muss als weitergehende Behauptung hinzugedacht werden. Andreas Lösch zeigt, dass die Nanotechnologie die Zukunft zunächst ahistorisch als einen Raum denkt, der »uns« (als in ihrer Identität unberührten Subjekten) geöffnet wird, vgl. sein *Anticipating the Future of Nanotechnology: Some Thoughts on the Boundaries of Sociotechnological Visions*, Tagungsproceedings Nanotechnology in Science, Economy, and Society ([www.nano-marburg.net](http://www.nano-marburg.net)), Marburg 2005, S.61–75.

28 | Vgl. Christoph Hubig in diesem Band und Hans Blumenberg: *Lebenswelt und Technisierung unter Aspekten der Phänomenologie*, *Sguardi su la filosofia contemporanea* LI, Turin 1963, S. 3–31, hier: S. 22.

29 | Reinhart Koselleck beschreibt dies als die für die Neuzeit charakteristische Differenz zwischen Erfahrungsraum und Erwartungshorizont, also als räumliche Diskontinuität im historisch gedachten Fortschritt, vgl. sein *Vergangene Zukunft*, Frankfurt/Main 1989, S. 349–375.

30 | Insbesondere Dupuys Ansatz ließe sich entsprechend umformulieren. Statt die Zukunft aus dem gegenwärtig bereits gegebenen *logos* der Nanotechnologie zu entwickeln, könnte er ohne Zukunftsbezug viel einfacher so argumentieren: Die Nanotechnologie will ein Paradies auf Erden schaffen, ich zeige euch dies Paradies, seht selbst, ob ihr es wirklich so paradiesisch findet. Dies

Alfred Nordmann Auf den ersten Blick scheint der Vorschlag, den historischen Zukunftsbezug aufzugeben zu wollen, seinerseits unerhört: Wie soll das überhaupt gehen? Nun ist es aber eine Pointe der Wissenschafts- und Technikforschung, dass die TechnoWissenschaften den Zeitbezug zugunsten des Raumbezugs bereits aufgelöst haben. Nur das klassische Wissenschaftsideal und die klassische Wissenschaftstheorie waren wesentlich dem Zeit- und Zukunftsbezug verschrieben. Für Max Weber, Charles Sanders Peirce oder Karl Popper lag die Wahrheit in einer unerreichbar fernen Zukunft, der sich die Wissenschaft hypothesenbildend annähert, ohne sie je erreichen zu können. Wenn sie immer ein wenig weiter sehen kann, dann nur weil sie auf der Arbeit der Vorgänger aufbaut – auf den Schultern von Riesen steht. Und eben darum muss alle Wissenschaft hoffen, dass ihre Ergebnisse keinen Bestand haben, sondern in der Zukunft überholt werden. Nicht nur der Fortschritt, auch die Objektivität wurde historisch, im Zeitbezug gedacht. Gefährdet ist Objektivität durch die Kontingenz der Zeitgenossenschaft. Die Wahrheit muss Ewigkeitswert haben, allzeit gelten können, ihr darf nichts von den Eigenheiten der Person, des Entdeckungszusammenhangs, des kulturellen Hintergrunds anhaften. In den Worten Paul Feyerabends wird objektive Geltung beansprucht, indem die »separability assumption« gemacht, also die Ablösbarkeit des Wissens von seiner Zeitgebundenheit behauptet wird.<sup>31</sup>

Für die TechnoWissenschaften gilt all dies nicht.<sup>32</sup> Bereits an ihrem Objektivitätsbegriff kündigt sich der Unterschied in aller Deut-

---

würde explizit machen, was Dupuy – im Gegensatz zu Grunwald und Khushf – implizit voraussetzt, dass er nämlich vom Standpunkt des jetzt gegebenen Menschen aus urteilt, der seine Sterblichkeit, seinen Mangel an technischer Perfektion liebend anerkennt. – An dieser Stelle müsste auch der Ansatz des Chemikers George Whitesides diskutiert werden, der keine Voraussagen machen will, dafür die kulturellen Grundannahmen (Andreas Kaminski und Barbara Orland würden von »Angelsätzen« oder »Scharniersätzen« sprechen) identifiziert, die unter anderem durch nanotechnische Visionen in Frage gestellt sind, vgl. sein »Assumptions: Taking Chemistry in New Directions«, in: *Angewandte Chemie International Edition*, 43 (2004), S. 3632–3641.

31 | Vgl. stellvertretend für viele Texte Max Weber: »Wissenschaft als Beruf« in: Max Weber, *Gesammelte Aufsätze zur Wissenschaftslehre*, Tübingen 1988, S. 582–613, Robert Merton: *Auf den Schultern von Riesen*, Frankfurt/Main 1980, und Paul Feyerabend: »Realism and the Historicity of Knowledge«, in: Paul Feyerabend, *The Conquest of Abundance*, Chicago 1999, S. 131–146.

32 | Vgl. Alfred Nordmann: »Was ist TechnoWissenschaft? – Zum Wandel der Wissenschaftskultur am Beispiel von Nanoforschung und Bionik«, in: Torsten Rossmann/Cameron Tropea (Hg.), *Bionik: Aktuelle Forschungsergebnisse in Natur-, Ingenieur- und Geisteswissenschaften*, Berlin 2004, S. 209–218.

lichkeit an. Statt Enthistorisierung heißt das Stichwort nun Entlokalisierung. Objektive Gültigkeit besteht nicht darin, dass die ewige Wahrheit in einer Erklärung oder Hypothese zum Vorschein kommt, dass sie also wenigstens als Vorschlag einer Problemlösung zeitlosen Status erlangt. Die TechnoWissenschaften sind nicht auf theoretische Probleme und wahre Weltbeschreibung orientiert. Hier geht es vielmehr um Erwerb und Ausbreitung eines Handlungswissens.<sup>33</sup> Ihr Ziel ist zunächst, Phänomene im Labor zu produzieren. Für ein solches Phänomen gilt es dann nachzuweisen, dass es nicht nur unter den ganz speziellen und lokalen Bedingungen des Labors besteht, sondern dass es entlokalisiert in die Welt hinausgetragen werden kann. Dazu gehört einerseits, dass die Phänomene routinisiert, isoliert, skaliert, stabilisiert werden. Dazu gehört andererseits, dass die Außenwelt den Bedingungen des Labors angeglichen, also homogenisiert, standardisiert, gewissermaßen »hygienisiert« wird. Technisch-wissenschaftlicher Fortschritt ist also keine Perfektionierung auf ein Zukunftsideal hin, keine Überwindung vergangener Beschränktheit. Der Fortschritt schreitet ganz konkret in die Welt hinaus, erobert den Raum, zunächst beispielsweise den inneren Weltraum des Nanobereichs, sodann den Raum unserer Alltagshandlungen in einer bereits hoch-technisierten Welt, und zuletzt die von unserer Technik noch nicht durchwirkten Kulturräume.

## Raumfahrten

Der Begriff der Entlokalisierung taucht in Peter Galisons Auseinandersetzung mit Bruno Latour auf.<sup>34</sup> In diesem abschließenden Teil sollen nun drei Auffassungen von Technik als Raumdurchdringung verglichen werden. Galison und Latour repräsentieren trotz ihrer Differenzen die erste Auffassung, Gerhard Gamm eine zweite und in aller Kürze wird schließlich ein dritter Standpunkt skizziert.

Am Anfang steht die Frage der Entlokalisierung, wie sie von Latour und Galison thematisiert wird. Für Latour ist die Entgrenzung des Labors längst vollzogen. Die Unterscheidung zwischen Innenwelt und Außenwelt des Labors ist verschwunden, heißt es beispielswei-

---

33 | Das *Handeln* dieses Handlungswissens richtet sich also nicht auf Zukunft und Erreichung eines intendierten Ziels. An die Stelle dieser teleologischen Struktur tritt die tatsächliche Schaffung, Bewahrung, Nutzung, Einengung oder Schließung von Spiel- oder Handlungsräumen, die natürlich auch intendiert sein können, aber so oder so mit jeder Handlung koinzidieren.

34 | Peter Galison: »Material Culture, Theoretical Culture and Delocalization«, in: J. Krige/D. Pestre (Hg.), *Science in the Twentieth Century*, Amsterdam 1997, S. 669–682.



Alfred Nordmann se.<sup>35</sup> Verschwunden sei sie darum, weil wir alle in die biopolitischen Experimente der Genforscher, Agronomen, Biotechniker einbezogen sind. Verschwunden ist sie auch, weil Tatsachen über die Vernetzung zahlloser menschlicher und nicht-menschlicher Akteure, durch vielfältige kontinuierliche gesellschaftliche Prozesse und eine nicht nachlassende, über das Netzwerk verteilte Anstrengung aufrecht erhalten sein wollen. Verschwunden ist sie schließlich auch, weil die Folgen der Technisierung in hybriden Foren verhandelt werden, die keiner Expertenkultur mehr zuzuordnen sind.

Dagegen versieht Peter Galison die Frage nach der Entlokalisierung mit einem anderen Akzent. Er fragt, wie sich etwas zwischen lokalen Kulturen bewegt, wie also Phänomene von einem Labor zum nächsten, vom Labor in die industrielle Fertigung, von der industriellen Fertigung in den Haushalt transportiert werden können. Entlokalisierte Objektivität verdankt sich den Objekten, das heißt, der instrumentell vermittelten, überall lokalen Arbeit am Gegenstand.<sup>36</sup> Wie die Instrumente selbst, werden die Ergebnisse dieser Arbeit am Gegenstand nicht schriftlich auf den Schienen eines geteilten Wirklichkeitsverständnisses kommuniziert und transportiert, sondern müssen von Personen von einem Ort zum anderen getragen werden. Während Latour dazu neigt, Produkt und Prozess gleichzusetzen, betont Galison, wie viel Arbeit es kostet, Trennungen zu überwinden. Die Innenwelt und Außenwelt des Labors sind bei Galison zunächst also immer noch unterschieden, zur Aufhebung der Unterscheidung gehört Arbeit, und erst wenn die Arbeit erfolgreich ist, geht das Phänomen in die Ubiquität des Netzwerks auf.

Die hier angedeutete Differenz von Galison und Latour lässt sich unmittelbar auf die Nanotechnologie beziehen. Während Kohlenstoff-Nanoröhrchen noch mehr oder weniger mühevoll in verstreuten Laboratorien unter jeweils lokalen Bedingungen produziert und reproduziert werden, während sich verbindliche Produktions- und Nutzungsstandards erst langsam herausbilden, ist der raumgreifende Anspruch der Nanotechnologie noch bloßes Programm. Die Unbestimmtheit der Frage, wohin die Reise geht, soll bedeuten, dass dies noch nicht entschieden und somit vielleicht also noch entscheidbar

---

35 | Bruno Latour: »Ein Experiment von und mit uns allen«, in: Gerhard Gamm/Andreas Hetzel/Markus Lilienthal (Hg.), *Die Gesellschaft im 21. Jahrhundert: Perspektiven auf Arbeit, Leben, Politik*, Frankfurt/Main 2004, S. 185–195.

36 | Galison kontrastiert Latours Auffassung, dass Instrumente wie die Uhr »sehr weit reisen können, ohne jemals ihre Heimat zu verlassen«, mit der eigenen Ansicht, dass »Bedeutungen, Werte und Symbole oft zu Hause bleiben« während wissenschaftliche Theorien und Instrumente auch in ganz unterschiedliche Kulturen reisen, vgl. P. Galison: »Material Culture«, S. 677.

ist. Diese lauernde Programmatik – Dupuy würde sagen: das metaphysische Programm der Nanoforschung – ist in Latours alles schon umgreifenden Netzwerken nicht mehr darstellbar. Diese Netzwerke sind gewissermaßen das räumlich eingefrorene Äquivalent zur evolutiven Sicht auf die Zukunft – sie sind unbeherrschbar, somit einerseits unbestimmt, andererseits nicht gestaltbar.<sup>37</sup>

Über das Bild von der Nanoforschung als Weltraumfahrt hinaus, gibt es zahlreiche weitere Anhaltspunkte für die Raumorientierung der Nanotechnologie, die ich andernorts ausführlich darstelle. Den ersten Anhaltspunkt bietet bereits die Namensgebung, der die Nanotechnik auf Raumdimensionen bezieht und den Zwischenraum zwischen klassischer und Quanten-Physik, ein Zwischenraum, der beispielsweise als exotisches Territorium bezeichnet wird oder als »inner space« im Gegensatz zum »outer space« des Weltraums. Erstes und erst ansatzweise erreichtes Ziel der Nanoforschung ist es, sich in diesem Raum handelnd orientieren zu können. Nach dem Sehenlernen und dem Bewegen einzelner Moleküle, schreibt man erst einmal den eigenen Namen in der Schrift der Moleküle und kann irgendwann so etwas wie einen Draht bauen, einen Effekt auslösen und so weiter. Das zweite Ziel der Nanoforschung ist nicht etwa, verschwindend kleine technische Artefakte zu erstellen, sondern von der Nanoskala aus in höhere Größenbereiche vorzustoßen, also mit kleinen Dingen Großes zu bewirken. Anders jedoch als die technische Eroberung des Weltraums, anders auch als koloniale Entdeckungsreisen will die Nanotechnik nicht in diesen oder jenen noch unbesiedelten Bereich vordringen. Der Nanobereich ist bereits überall vorausgesetzt, nämlich überall dort, wo die Dinge aus Molekülen bestehen. Wenn die Nanoforschung also technisch handelnd den Bereich der Moleküle erobert, dann durchwirkt sie den Raum alles Dinglichen. Im Nanobereich darf bisher ontologisch Unterschiedenes als kommensurabel und womöglich kombinierbar gedacht werden, Computerchips und Nervenzellen, Proteine und Pharmaka. Wie die Digitalisierung alles in Information und Repräsentation umzuwandeln vermag, stellt sich in der Sprache der Moleküle alles als nanotechnisch manipulierbar dar.

Diese letzte Formulierung legt nahe, dass die Nanotechnologie Paradigma ist für das, was Gerhard Gamm Technik als Medium nennt: »Technik ist wie Sprache oder Geld ein Zirkular der modernen Gesellschaft« heißt es bei ihm.<sup>38</sup> Nicht als Mittel, sondern als unbestimm-

---

37 | Hier stellt sich das von Klaus Günther formulierte Problem, wie Verantwortung in Netzwerken lokalisiert werden kann, vgl. sein »Verantwortung in vernetzten Systemen« in diesem Band.

38 | Vgl. hier und im folgenden Gerhard Gamm: Nicht Nichts – Studien zu einer Semantik des Unbestimmten, Frankfurt/Main 2000, und darin insbesondere

Alfred te Mitte und Vermittlung gedacht, liegt Gamms Medium als etwas  
Nordmann Raumdurchdringendes dezidiert »an der Grenze der Zeit«. Und in der  
Tat treffen auf die Nanotechnologie Gamms Bestimmungen – trans-  
zendental und immanent – ihrer Unbestimmtheit zu.

»Die transzendente Unbestimmtheit zielt auf jene grundlegende Verände-  
rung der Neuzeit, in der das technische Handeln sich [...] in die Leere der  
vorbildlosen Produktivität einschreibt, für die es im Prinzip weder eine inne-  
re noch eine äußere Schranke gibt.«<sup>39</sup>

Die Leere der vorbildlosen Produktivität kennzeichnet nanotechni-  
sche Visionen, seit der »verrückte« Ingenieur Eric Drexler imaginativ  
den großen, noch leeren Platz für sich behauptet, den der Physiker  
Richard Feynman schon 1959 beschworen hat.<sup>40</sup> Dieser transzen-  
dentalen Unbestimmtheit korreliert die immanente Unbestimmtheit,  
die auf der Differenz von Funktion und Gebrauch basiert, also der  
scheinbar unbeschränkten Umfunktionalisierbarkeit im Gebrauch,  
die Michael Ruoff andeutet, wenn er von den zunächst in der Astro-  
physik, dann in der Kohlenstoffforschung, dann in der Elektronik  
oder der Krebstherapie auftauchenden Fullerenen berichtet.<sup>41</sup>

Die Nanotechnologie kann also offensichtlich als raumerfüllen-  
des Medium vorgestellt werden, in dem mit vorbildloser Produktivi-  
tät unerhörte Funktionen und Gebräuche darstellbar werden. Wenn  
diese Vorstellung hier doch nicht empfohlen wird, dann weil dieses  
Medium zu dünnflüssig, zu immateriell ist, wenn sie mit der Spra-  
che, dem Geld, dem Blut im Kreislauf, der Matrix des Seins ver-  
gleichbar sein soll. Dieses Medium hat sich bereits zu subtil überall  
hin ausgebreitet, um als materieller Gebietsanspruch, als Eingriff,  
Zugriff, Annexion spürbar zu werden. Merklich wird dieses Medium  
erst, wenn es zur Reflexionsform wird. So schreibt Gerhard Gamm:

»Indem sie den logos speichert, ist Technik wesentlich *Medium der Selbst-  
und Welterschließung* [...] [Es] verweist auf den Horizont, von dem her wir  
die Welt erfinden oder auch das Bild von uns selbst immer nachdrücklicher  
technisch überschreiben. [...] Sie sind das Medium in dem der Mensch in  
seiner Artefaktibilität durchsichtig wird.«<sup>42</sup>

---

den Aufsatz »Technik als Medium: Grundlinien einer Philosophie der Technik«,  
S. 275–287.

39 | Ebd. S. 279.

40 | Vgl. Richard Feynman: »There is Plenty of Room at the Bottom«, in: En-  
gineering and Science 23:5 (1960), S. 22–36.

41 | Michael Ruoff »Das Problem des Neuen in der Technik« in diesem Band.

42 | G. Gamm: *Nicht Nichts*, S. 285.

Technik als Medium beschreibt somit, wie wir uns im Verhältnis zu einer im Gebrauch normalisierten Technik vorfinden. Technik als Medium charakterisiert eine Art des Denkens, das jedes Problem zunächst als technisches Problem erscheinen lässt. Technik als Medium erfasst auch die spezifische Programmatik von Technikvisionen wie der »Ambient Intelligence«, die eine Art zweiter Natur, eine technisierte, alles umfassende Umwelt erschaffen will. Technik als Medium beschreibt aber erstens nicht – das hat sie mit Latours Netzwerken gemein – wie sich diese Programmatik materiell erst durchsetzen und behaupten muss. Und zweitens setzt diese Vorstellung allzu optimistisch eine emanzipatorische Dialektik gegen die Eindimensionalitätsthese Marcuses oder das Gestell Heideggers. Sie dringt allzu leicht und notwendig vom Denken im Medium der Technik zur technischen Unbestimmtheit als welt- und selbsterschließende Reflexionsform vor. Technik als Medium soll uns in einem Reflexionsschritt nicht nur die Artefaktibilität des Menschen bewusst machen, sondern uns darüber hinaus erlauben, Unbestimmtheit als Norm zu verstehen, die ein kritisches Verhältnis zur Technik etabliert. Dies ergibt sich, da

»die fraktale Unbestimmtheit ein anderes Moment der Offenheit, ein qualifiziertes und nicht beliebiges, wahrzunehmen lehrt, eines das fast immer übersehen wird. Es besitzt einen normativen Gehalt, den man in Form einer Maxime kurzfassen kann: Handlungen, Projekte, Entscheidungen, Zukunftsvorhaben darauf zu prüfen, inwieweit Offenheit auch nach Verwirklichung der Projekte noch gewährleistet bleibt. Das heißt beispielsweise in bezug auf die Implementierung riskanter Technologien danach zu fragen, ob eine Entscheidung für oder gegen eine Technologie die Möglichkeit zur Revision der Entscheidung einschließt, ob Technologien Spielräume einrichten, in denen Fehler und Irrtümer nicht zu irreparablen, das heißt katastrophischen Folgen führen.«<sup>43</sup>

Gegenüber Latour und Galison hat Gamm hiermit einen normativen Standpunkt gewonnen, der die Bewertung technischer Programme erlaubt. Damit ist viel erreicht, aber der Preis hierfür scheint zu hoch, da er Entlokalisierung durch Dematerialisierung erkaufte und voraussetzt, dass wir auf begrifflichem Weg zur Reflektion der uns bestimmenden Unbestimmtheit vordringen und darüber hinaus auch ihren Wert erkennen lernen.

Hiergegen möchte ich abschließend eine Vorstellung der Entlokalisierung als Programm der TechnoWissenschaft skizzieren, derzufolge es sich um nichts anderes als territoriale Eroberung im einfachsten Sinne handelt, wobei wir selbst Gegenstand der Vereinnah-

---

43 | Ebd., S. 226.

Alfred Nordmann mung sind, also der eigene Körper und all das, was unser Handeln und Entscheiden strukturiert. Dieses »wir selbst« ist natürlich insofern historisch, als es sich ganz kontingent in seiner Welt, seinen Werten und Traditionen vorfindet. Dieses »wir selbst« kann sich jedoch ohne Anmaßung eines fiktiven Standpunkts nur als Subjekt seiner Welt und nicht als Subjekt der Geschichte verstehen. Mit einer Verantwortungsethik im Sinne von Jonas hat dieses Subjekt in seiner räumlich, nicht historisch gegebenen Welt gerade darum ein Problem, weil es sich der Kontingenz seiner Weltvorstellungen durchaus bewusst ist. Tatsächlich ist unsere Welt, wie George Khushf sagen würde, nur ein bestimmtes Equilibrium von Natur, Technik, Gesellschaft, Mensch. Wir wissen nicht, mit welchem Recht wir für zukünftige Generationen werten und handeln können. Andererseits können und dürfen wir nicht anders, als unsere eigenen Wertvorstellungen, unser Selbst-Bewusstsein und Körpergefühl zu behaupten.

Wir haben also einerseits kein Recht, paternalistisch im Namen zukünftiger Generationen den Cyborg als defizient, pervers, selbstentfremdet zu kritisieren – denn wenn der oder die Cyborg ein Selbst hat, wird es von ihm nicht mehr oder minder entfremdet sein wie wir von unserem Selbst (und wenn es kein Selbst hat, erübrigt sich das Problem). Auch ein Cyborg als Hybrid von Mensch und Maschine wird sich in einem Equilibrium von Wertvorstellungen und physischen Gegebenheiten vorfinden – und muss beispielsweise den Begriff der Maschine gar nicht mehr auf den des Menschen beziehen, da ihm die Maschine kein Anderes mehr ist. Andererseits können wir nicht anders, als die Technisierung des eigenen Körpers im Spannungsfeld von Angriff und Selbststeigerung, Bedingung und Entfremdung körperlicher Existenz zu erfahren und zu bewerten. Die Bedeutung eines Künstlers wie Stelarc besteht somit vielleicht gerade darin, dass er die Diskurse über den zukünftigen Menschen auf den Körper des heutigen anwendet – sie also dem Horizont unserer Wertrationalität zugänglich macht. Der von Blumenberg diagnostizierte Kollaps des »noch nicht« Fragens in das »nicht mehr« Fragenkönnen wird von Stelarc abgewehrt: Stelarc fragt schon jetzt, was die radikale technische Durchdringung seines Körpers bewirkt.<sup>44</sup>

So ist es – ausgerechnet – die vornehmlich deskriptive Wissenschafts- und Technikforschung mit ihrer Betonung des Raumbezugs der Technowissenschaften, die Technikkritik ermöglicht. Ihre Anschlussfähigkeit an politische und ethische Diskurse der Gegenwart

---

44 | Vgl. den Beitrag von Barbara Becker und Jutta Weber in diesem Band. Stelarc zwingt somit auch wieder zusammen, was Koselleck Erfahrungsraum und Erwartungshorizont genannt hat, siehe oben Fußnoten 28 und 29. Vgl. auch V. Hanson, »Anticipatory Rhetorics« und Ingeborg Reichle, »Kunst aus dem Labor – Im Zeitalter der Technowissenschaften« in diesem Band.

erweist sie gerade dadurch, dass sie den Bezug auf zukünftige Gene- *Zeit und*  
rationen aufgibt und sich stattdessen in den Zusammenhang der *Raum der*  
Globalisierungs- und Kolonialismuskritik stellt. Die Ausarbeitung *Nanotechnologie*  
dieser Zusammenhänge hat in der Wissenschafts- und Technikfor-  
schung kaum begonnen und muss auch hier noch Programm blei-  
ben.<sup>45</sup>

---

45 | Einen ersten Ansatz bietet Mark Meaney, »The Glorified Body: A Reterritorialization of Death«, Vortrag am 5. März 2005 auf der Nanoethics Tagung in Columbia, South Carolina.