

Ethische Aspekte der Nanotechnologie. Eine Felderkundung*

von Armin Grunwald, ITAS

Parallel zur öffentlichen Diskussion über Nanotechnologie ist zögerlich eine Debatte über „Nanoethik“ angelaufen. Sie besteht vorläufig eher in tastenden Annäherungen an mögliche ethisch relevante Aspekte der Nanotechnologie als in systematischen Betrachtungen. Die Analyse zeigt, dass es kaum genuin neue ethische Aspekte in der Nanotechnologie gibt. Vielmehr sind es zu meist graduelle Akzent- und Relevanzverschiebungen in prinzipiell bereits bekannten Fragestellungen, die zu ethischen Diskussionen der Nanotechnologie Anlass geben. Neue Fragen werden vor allem dadurch aufgeworfen, dass sich im Feld der Nanotechnologie bislang getrennte ethische Reflexionslinien treffen, so vor allem Bioethik und Technikethik. Die Rede von einer eigenen „Nanoethik“ erscheint übertrieben.

1 Technikgestaltung und die Rolle der Ethik

Die Zeit ist wohl vorbei, als Technik weithin als wertneutral verstanden wurde. Die Diskussionen der letzten Jahrzehnte im Spannungsfeld von Technik und Gesellschaft haben stattdessen die vielfältigen Wertdimensionen der Technik deutlich gemacht (z. B. Ropohl 1996). Heutzutage gibt es kaum eine Konferenz zu neuen Technologien, in der nicht auch über ethische Aspekte, Risiken und Verantwortungsfragen gesprochen wird. Neue Entwicklungen in Wissenschaft und Technik werden nach ihren mutmaßlichen Folgen befragt, und diese wiederum auf ihren normativen Gehalt untersucht und gesellschaftlich diskutiert.

Normative Aspekte von Wissenschaft und Technik führen in einer moralisch pluralen Gesellschaft unvermeidlich zumindest zu gesellschaftlichen Debatten, häufig darüber hinaus auch zu Technikkonflikten mit mehr oder weniger Brisanz. Was gesellschaftlich als wünschbar, zumutbar oder akzeptabel gilt, ist in der Regel umstritten. Offene Fragen und Konflikte dieser Art im Kontext von Wissenschaft und Technik bilden den Ansatzpunkt der Ethik der Technik

(Grunwald 2000). Denn Technikkonflikte sind in der Regel nicht nur Konflikte um technische Mittel (z. B. in Effizienzfragen), sondern auch Konflikte um Zukunftsvorstellungen, um Menschenbilder und Gesellschaftsentwürfe (Grunwald 1996). Die Aufgabe der Ethik der Technik besteht in der Analyse der normativen Struktur der Technikkonflikte und der Suche nach rationalen, argumentativen und diskursiven Wegen ihrer Bewältigung.

Dabei ist eine unverzichtbare Prämisse, dass ethische Reflexion ein Beitrag zur *Gestaltung* von Technik (Grunwald 2003a) sein soll. Es geht nicht um eine Analyse *ex post*, sondern um Orientierungen *ex ante*. Ethik kann hierbei einen Beitrag zur Klärung der normativen Ebene leisten (Ziele, Intentionen, Akzeptabilitäten). Dabei gilt es zunächst, vor zwei prominenten Missverständnissen zu warnen:

- a) *Ethik ist kein Wegweiser*, der in gesellschaftlichen Konflikten oder ambivalenten Situationen Antworten auf die Frage gibt, was zu tun ist.
- b) *Ethik ist keine Zensurbehörde*. Sie klärt nicht, was moralisch erlaubt bzw. verboten ist.

Obwohl man für beide Funktionszuweisungen Belege in der ethischen Literatur selbst finden kann, überstrapazieren sie die Möglichkeiten der Ethik. Fragen des „Dürfens“ und des Entscheidens über die weitere Entwicklung können nicht an die Ethik delegiert werden, sie sind Aufgabe der gesamten Gesellschaft in ihren dafür vorgesehenen Institutionen und Verfahren. So ist es z. B. verwehrt zu erwarten, dass Ethik in der Nanotechnologie „would include ... how to minimize the risk of runaway robots“ (Moor und Weckert 2003). Ethische Expertise in Technikkonflikten fungiert vielmehr als *konditional-normative* Beratung (Grunwald 2003b), als Information und Aufklärung der entsprechenden Debatten und Entscheidungsprozesse in normativer Hinsicht, ersetzt diese aber nicht.

2 Ethik für Nanotechnologie – strukturelle Fragen

Angesichts des revolutionären Potenzials, das der Nanotechnologie von Vielen zugeschrieben wird, ist es nicht verwunderlich, dass sie auch breites mediales und öffentliches Interesse ge-

funden hat. Ethische, soziale und rechtliche Implikationen (ELSI) werden bereits von Kommissionen und Arbeitsgruppen bearbeitet. Ethische Überlegungen zur Nanotechnologie haben zwar schon neue Begriffe wie „Nanoethics“ (Moor und Weckert 2003) geprägt, aber bislang kaum mehr geleistet als den Bedarf nach Ethik in der und für die Nanotechnologie anzumelden (Mnyusiwalla et al. 2003). Die in den (bislang wenigen) verschiedenen Arbeiten genannten ethisch relevanten Aspekte zeugen eher von einer tastenden Annäherung an ein relativ neues Wissenschafts- und Technikfeld als von systematischer Analyse. Bislang herrscht ein eher intuitives Verständnis für die ethische Relevanz von Nanotechnologie vor. Darüber hinaus werden – mit Ausnahme der Nanopartikel – fast ausschließlich die visionären und spekulativen Aspekte der Nanotechnologie (hierzu Christopher Coenen in diesem Heft) als ethisch relevant thematisiert. Kriterien dafür, warum bestimmte Aspekte wie selbstreplizierende Nanoroboter oder Nanopartikel ethisch relevant sein sollen, werden nicht angegeben.

Technische Innovationen und wissenschaftlicher Fortschritt jedoch können etablierte Üblichkeiten „stören“, indem sie neue Fragen aufwerfen oder bislang gültige Einstellungen in Frage stellen. Das ist dann der „entry-point“ für ethische Reflexion in Wissenschafts- und Technikfragen zur Bekräftigung, Modifikation oder Erweiterung des normativen Rahmens für den Umgang mit Wissenschaft und Technik. In handlungstheoretischer Aufteilung kann sich Ethik dabei auf die *Ziele* der wissenschaftlich-technischen Entwicklung, die dabei eingesetzten *Mittel* und die nicht intendierten *Nebenfolgen* beziehen:

Die *Ziele und Zwecke* der Entwicklung bilden – als Gestaltungsintentionen – für die Zukunft erwartete Zustände. Sie werden von denjenigen, die sie vertreten, als allgemein wünschenswert angesehen – was aber nicht von anderen geteilt werden muss. Darüber, dass es wünschenswert wäre, Alzheimer heilen zu können oder Körperbehinderten durch neuartige Prothesen zu mehr Bewegungsfreiheit zu verhelfen, kann kaum ein moralischer Dissens bestehen. Anders sieht es jedoch bei Zielen aus wie z. B. eine bemannte Marsmission durchzuführen, wo der „Nutzen“ schwierig zu bemessen ist, die Kosten jedoch groß sind. Ethisch besonders relevant sind

jüngste Zielsetzungen im Kontext der „Converging Technologies“ (Roco und Bainbridge 2002), die physische und psychische Leistungsfähigkeit des Menschen und der Gesellschaft zu verbessern („enhancement“, s. u.).

Die *Instrumente und Mittel* der Entwicklung können in Konflikt mit moralischen Standards bzw. in entsprechenden Verdacht geraten. Hierzu gehören z. B. die Zulässigkeit von Experimentalpraktiken wie Tierversuchen oder die Forschung am Menschen, menschlichen Embryos oder Stammzellen, bestimmte Aspekte von Experimenten wie z. B. mögliche Risiken bei Freilandexperimenten mit gentechnisch veränderten Pflanzen, aber auch die Einhaltung der Standards guten wissenschaftlichen Arbeitens (Professionsverantwortung). In der Nanotechnologie sind aus diesem Bereich bislang keine spezifischen ethischen Aspekte diskutiert worden.

Nicht intendierte Nebenfolgen wie Risiken wissenschaftlich-technischer Entwicklungen für Gesellschaft und Umwelt sind häufiger Gegenstand der Technikfolgenabschätzung und ethischer Erwägungen: Welche Risiken sind angesichts der erhofften positiven Folgen akzeptabel oder zumutbar, wie werden Risiko-/Chance-Abwägungen und vergleichende Risikobewertungen vorgenommen (Schütz et al. 2004), wann greift das Vorsorgeprinzip angesichts mangelnden Wissens? Die Diskussion zu den Nanopartikeln (s. u.) fällt in diese Kategorie.

Ob es für Ethik in der Nanotechnologie neue Aufgaben gibt und worin sie bestehen, wäre vor diesem Hintergrund (ausführlicher Grundwald 2000) erst zu untersuchen. Im Folgenden seien einige Beispielfelder betrachtet.

3 Beispielfelder

In der praktischen Philosophie und Ethik wurde Nanotechnologie bisher kaum thematisiert. Einige Arbeiten melden Bedarf an Ethik an (Mnyusiwalla et al. 2003, Weckert 2002) und beziehen sich dabei vor allem auf ferne Visionen (z. B. Abschaffung des Alterns oder extreme Lebensverlängerung, Moor und Weckert 2003). Systematische Arbeiten, die der Heterogenität der Nanotechnologie gerecht werden könnten, liegen bislang nicht vor.

3.1 Nanopartikel – Chancen versus Risiken

Ein großer Zukunftsmarkt für nanobasierte Produkte wird im Bereich Neuer Materialien gesehen (Fleischer 2003). Durch Beimengung oder gezielte Aufbringung von Nanopartikeln lassen sich teils neue Materialeigenschaften erzielen oder neue Oberflächeneigenschaften einstellen. Ist die Ermöglichung neuer technischer Funktionen und Leistungsmerkmale im wissenschaftlich-technischen Fortschritt eine gängige Motivation, so stellen sich ethische Fragen hierzu als „klassische“ Frage nach den möglichen *Nebenfolgen* dieser Entwicklungen. Und genau hierzu ist eine Diskussion um mögliche gesundheitliche und ökologische Folgen der Nanopartikel angelaufen (hierzu Paschen et al. 2003, S. 336 ff.).

Künstlich hergestellte Nanopartikel können durch Emissionen während der Herstellung oder beim alltäglichen Gebrauch von Produkten in die Umwelt oder in den menschlichen Körper gelangen (wie z. B. nach Einatmen ultrafeiner Partikel am Arbeitsplatz). Nanopartikel können eventuell auf dem Luftweg über weite Strecken transportiert und diffus verteilt werden. In den menschlichen Körper können sie über die Lunge, durch die Haut oder den Verdauungstrakt gelangen. Ihr Ausbreitungsverhalten und ihre Auswirkungen auf Gesundheit und Umwelt, insbesondere potenzielle Langzeitfolgen, sind bisher kaum bekannt. Dies gilt auch und vor allem für Stoffe, die in der natürlichen Umwelt nicht vorkommen, wie Fullerene oder Nanotubes. Im Hinblick auf die potenzielle Ausbreitung von Nanopartikeln sind Aspekte wie Mobilität, Reaktionsfreudigkeit, Persistenz, Lungengängigkeit, Wasserlöslichkeit etc. zu berücksichtigen.

Fragen nach der Öko- oder Humantoxizität, nach Nanostoffströmen, nach ihrem Ausbreitungsverhalten in den verschiedenen Umweltmedien, nach ihrer Abbaurate und ihren Folgen in den verschiedenen denkbaren Targets sind jedoch keine ethischen Fragen. Hier sind die einschlägigen empirischen Wissenschaftsdisziplinen wie die Toxikologie oder die Umweltchemie gefragt. In ethischer Hinsicht interessant wird es, sobald die vorliegenden empirischen Sachverhalte daraufhin befragt werden, was daraus praktisch für den Umgang mit Nanopartikeln folgt:

- Was folgt aus dem gegenwärtigen Wissensdefizit über mögliche Nebenfolgen von Nanopartikeln? Eine radikale Konsequenz, nämlich ein Moratorium hinsichtlich des In-Verkehr-Bringens von Nanopartikeln, wie es wohl aus der Verantwortungsethik unter dem „Vorrang der schlechten Prognose“ von Hans Jonas folgen würde, wurde bereits von der etc-group gefordert (etc-group 2002). Als Hintergrundanalogie fungiert in derartigen Einschätzungen häufig die Asbest-Geschichte, in der mangelndes Wissen über Langzeitfolgen zu katastrophalen gesundheitlichen Folgen geführt hat (Gee und Greenberg 2002).
- Etwas allgemeiner gefragt: ist angesichts mangelnden Wissens das Vorsorgeprinzip (Schomberg 2004) einschlägig oder wäre es übertrieben, dieses in Anwendung bringen zu wollen?
- Welche Rolle spielen in Abwägungen dieser Art die wahrscheinlich erheblichen Chancen nanopartikel-basierter Produkte? Nach welchen Kriterien können Chance-/Risiko-Abwägungen vorgenommen werden, wenn die Chancen (relativ) konkret und die Risiken hypothetisch sind?
- Sind Vergleiche der Risiken der Nanopartikel mit bekannten Risikotypen aus anderen Bereichen möglich, um daraus zu lernen? Lassen sich aus den Erfahrungen im Umgang mit neuen Chemikalien oder Medikamenten Anhaltspunkte für die Bewertung der Nanopartikel-Risiken gewinnen? Welche normativen Annahmen gehen in derartige Vergleiche ein?
- Ist die Diskussion über Grenzwerte (Gethmann und Mittelstraß 1992) auf Nanopartikel übertragbar? Wie steht es um die Akzeptabilität oder Zumutbarkeit von Risiken? Welche Verfahren der Grenzwertfestlegung kommen in Frage und wie verhalten sie sich zu ethischen oder demokratietheoretischen Fragen?

Der Beitrag der Ethik zu dieser Thematik bezieht sich also auf die bewertende Einschätzung der Situation (Wissen/Nichtwissen), auf ihre „Normalisierung“ durch die Herstellung von Vergleichbarkeiten mit anderen Risikotypen unter Aufdeckung der dabei eingehenden normativen Voraussetzungen und Implikationen sowie auf die normativen Grundlagen

praktischer Konsequenzen. Der „Gestaltungsbeitrag“ der Ethik würde sich hierbei auf die Informierung der entsprechenden Risikodiskussion in normativer Hinsicht erstrecken.

3.2 Nachhaltigkeit: Verteilungsgerechtigkeit von Chancen und Risiken

Mögliche Nebenfolgen ganz anderer Art der Nanotechnologie ergeben sich aus Gerechtigkeitstheoretischen Überlegungen. Insbesondere im Zusammenhang mit Nachhaltigkeit (Kopfmüller et al. 2001) sind ethische Fragen der Verteilung der Nutzungsmöglichkeiten sowie der räumlichen und zeitlichen Verteilung von Chancen und Risiken der Nanotechnologie relevant (Fleischer 2003). Dabei sind intragenerative und intergenerative Aspekte zu unterscheiden, jedoch unter dem Nachhaltigkeitsdach gemeinsam zu betrachten.

Zu den *intergenerativen* Aspekten gehört die Verteilung der Nutzung natürlicher Ressourcen zwischen heutigen und zukünftigen Generationen. Vom Einsatz der Nanotechnologie werden deutliche Entlastungseffekte für die Umwelt erwartet: Einsparung von stofflichen Ressourcen, die Verringerung des Anfalls von umweltbelastenden Nebenprodukten, die Verbesserung der Effizienz bei der Energieumwandlung, die Verringerung des Energieverbrauchs und die Entfernung umweltbelastender Stoffe aus der Umwelt (Paschen et al. 2003, S. 337ff.). Entscheidend für die Bewertung von Nanotechnologie bzw. entsprechender Produktlinien unter Nachhaltigkeitsaspekten ist, dass Technik positive und negative Nachhaltigkeitsbeiträge auf dem gesamten „Lebensweg“ akkumuliert, der von den primären Rohstofflagerstätten über Transporte und Verarbeitungsprozesse bis zu ihrer Nutzung reicht und der schließlich mit der Entsorgung endet (Fleischer und Grunwald 2002). Für eine Nachhaltigkeitsbewertung von Technik ist daher der gesamte Lebenszyklus entscheidend. Nun befindet sich jedoch Nanotechnologie auf vielen Teilgebieten noch in einer frühen Phase ihrer Entwicklung. Daher kann nur von *Nachhaltigkeitspotenzialen* der Nanotechnologie geredet werden (Fleischer 2003), die nicht automatisch auch reale Beiträge zu einer nachhaltigen Entwicklung werden. Die Rede über Nachhaltigkeitspotenziale kann jedoch im Sinne der Tech-

nikgestaltung konstruktiv genutzt werden, indem die weitere Entwicklung durch ethische Reflexion auf Verteilungsfragen zwischen heutigem und zukünftigem Naturverbrauch begleitet wird. Die Aufdeckung von diesbezüglich problematischen Tendenzen könnte bzw. sollte dann Gegenmaßnahmen motivieren.

Intragenerative Probleme der Verteilungsgerechtigkeit stellen sich grundsätzlich in jedem Feld technischer Innovation. Da wissenschaftlich-technischer Fortschritt erheblicher Investitionen bedarf, findet er in der Regel dort statt, wo bereits die größten ökonomischen und personellen Ressourcen vorhanden sind. Technischer Fortschritt vertieft tendenziell bereits vorhandene Ungleichverteilungen. Dies sei am Beispiel der Nanotechnologie in der Medizin erläutert (nach Fleischer 2003). Nanotechnologiebasierte Medizin wird mit großer Wahrscheinlichkeit teure Medizin sein. Fragen der Verteilungsgerechtigkeit und des „Zugangs“ zu medizinischen Möglichkeiten könnten zumindest in zweierlei Hinsicht dringlich werden: *innerhalb* industrialisierter Gesellschaften (bestehende Ungleichheiten im Zugang zu medizinischer Versorgung könnten durch eine weiter hochtechnisierte Medizin unter Verwendung von Nanotechnologie verstärkt werden) und mit Blick auf weniger entwickelte Gesellschaften, weil sich ebenfalls bereits bestehende und teils dramatische Ungleichheiten zwischen technisierten und Entwicklungsländern weiter verschärfen könnten. Befürchtungen in Bezug auf diese beiden Formen eines möglichen „Nano-divide“ (in Anlehnung an den bekannten „digital divide“) basieren auf der Annahme, dass Nanotechnologie sowohl zu neuen und erweiterten Optionen individueller Selbstbestimmung (z. B. im gesundheitlichen Bereich) als auch zu erheblichen Verbesserungen der Wettbewerbsfähigkeit von Volkswirtschaften beitragen kann. Laufende Diskussionen zur Verteilungsgerechtigkeit auf nationaler und internationaler Ebene (auch im Kontext der Nachhaltigkeit) dürften von daher in Bezug auf Nanotechnologie neue Relevanz erhalten.

Allerdings handelt es sich bei beiden genannten Aspekten nicht um genuin neue ethische Aspekte von Technik, sondern um Verstärkungen auch bislang schon virulenter Verteilungsprobleme. Probleme der Verteilungsge-

rechtigkeit gehören prinzipiell zu den ethischen Aspekten moderner Technik (Gethmann 2000).

3.3 Die „Verbesserung“ des Menschen

Durch den Einsatz der Nanotechnologie werden in mehr oder weniger realistischen Szenarien – über Verbesserungen bei medizinischer Diagnose und Therapie hinaus – „Leistungssteigerungen“ beim Menschen erwartet und als weitreichende Vision im Rahmen einer „neuen Renaissance“ der Menschheitsentwicklung betrachtet („enhancement“, Roco und Bainbridge 2002). Hierbei geht es nicht um Nebenfolgen, sondern um ethische Aspekte von offen verkündeten Zielsetzungen zukünftiger Forschung.

Anwendungen visionärer Nanotechnologie auf den menschlichen Körper sind in vielfältiger Weise denkbar (wobei „denkbar“ hier nicht „technisch machbar“, sondern „im Prinzip vorstellbar“ bedeutet, also eine klare spekulative Dimension hat). So wird über selbständig im menschlichen Körper agierende Nanoroboter geredet, die bereits kleinste Defekte erkennen und sich zur sofortigen Reparatur vor Ort einfinden und die dabei die Blutbahn als Transportweg nutzen. Noch weitergehend – die bisherigen Beispiele bewegen sich noch in einem traditionellen Rahmen, weil das Ziel im „Heilen“ und in der „Reparatur“ von Abweichungen von einem (idealen) Gesundheitszustand besteht, welches klassisches Ziel der Medizin ist – eröffnen sich aber auch möglicherweise Chancen (oder Risiken) einer Umgestaltung und „Verbesserung“ des menschlichen Körpers. Dies kann sich auf die Erweiterung der physischen Fähigkeiten des Menschen beziehen, z. B. um neue sensorische Funktionen (z. B. Sinnesorgane). Es könnten aber auch durch eine direkte Ankopplung von maschinellen EDV-Systemen an das menschliche Gehirn völlig neue Schnittstellen zwischen Mensch und Maschine entstehen, mit völlig unabsehbaren Folgen. Gehört die Technisierung des Menschen in einem gewissen Sinne zur Erfolgsgeschichte der modernen Medizin untrennbar hinzu, so werden hier jedoch neue Perspektiven und Fragen erkennbar. Die weitere Technisierung des Menschen, die Annäherung von Mensch und Technik aneinander von beiden Seiten, die Denkbarkeit (im obigen Sinne) von „Cyborgs“ als technisch erweiterten Menschen oder menschlich erweiterter Technik

stellt Fragen nach dem Selbstverständnis des Menschen, die von hoher ethischer Relevanz sind. In Visionen zur Nanotechnologie tauchen immer wieder Aspekte auf, die die Grenze zwischen dem verwischen, was Menschen sind, und dem, was sie mit Hilfe technischer Errungenschaften und Anwendungen erschaffen.

Wie spekulativ auch immer dies alles sein mag, entsprechende Diskussionen stoßen bereits heute auf reges Interesse. Für ethische Überlegungen entsteht hier ein neues Feld an den Schnittstellen von Bioethik, Medizinethik und Technikethik sowie Anthropologie, das sich in den nächsten Jahren weiter entfalten dürfte.

4 Nanoethik als begleitende Reflexion der Nanowissenschaften

Angesichts einer Technikentwicklung, die von einer sich weiter beschleunigenden Dynamik geprägt ist, wird häufig die Frage gestellt, ob diese Dynamik nicht sowohl die Ethik als auch den ethisch informierten gesellschaftlichen Diskurs zunehmend überfordere (Ropohl 1995). Ethische Reflexion scheint oftmals der technischen Entwicklung ohnmächtig hinterherzulaufen und eher den Charakter einer „Fahrradbremse am Interkontinentalflugzeug“ (Beck 1988, S. 194) zu haben, als den gelegentlich hohen Erwartungen zu entsprechen. Die Innovationsgeschwindigkeit der Technisierung bewirke, dass technikethische Überlegungen grundsätzlich zu spät kommen: wenn alle relevanten Entscheidungen bereits gefallen seien, wenn es für Technikgestaltung längst zu spät ist. Der technisch-wissenschaftliche Fortschritt schaffe Fakten, die normativ nicht mehr einzuholen seien (Habermas 2001). Ethik könnte bestenfalls noch als Reparaturbetrieb arbeiten: „Die Ethik als theoretische Reflexion ... kommt daher immer erst nachträglich zum Zuge, d. h. nachdem entsprechende problematische Situationen eingetreten sind ...“ (Rohbeck 1993, S. 269).

Die Lesart, dass man mit der ethischen Reflexion warten müsse, bis entsprechende Produkte auf dem Markt sind und bereits Probleme erzeugt haben, lässt sich jedoch leicht zurückweisen. Denn das technische Wissen und Können ist in der Regel lange vor dem Markteintritt bekannt und kann, unter Maßgabe der bekannten Probleme mit den Unsicherheiten des Zukunftswissens, in seinen Folgen und

normativen Implikationen durchaus in einem gewissen Maße beurteilt werden. Genau darum geht es gegenwärtig in der Nanotechnologie. Aufgrund des frühen Entwicklungsstadiums der Nanotechnologie (viele sprechen immer noch lieber von Nanowissenschaft) liegt hier eine eher seltene Gunst der Stunde vor: es sind Chancen und auch Zeit sowohl für frühzeitige Reflexion(en) vorhanden, als auch die Möglichkeit, die Ergebnisse der Reflexion in den Entwicklungsprozess einzuspeisen und damit zur weiteren Gestaltung der Nanotechnologie beizutragen (Moor und Weckert 2003). Dies betrifft sowohl ethische Analyse in der eingangs erwähnten Form als auch einen darauf aufbauenden gesellschaftlichen Diskurs.

Die Probleme einer frühzeitigen ethischen Befassung mit neuen Technologien treten am stärksten in den vielfältigen Fragen auf, die die Heils- und Horrorvisionen zur Nanotechnologie (vgl. hierzu Christopher Coenen in diesem Heft) aufwerfen. Welchen Sinn sollte es haben, sich hypothetisch mit ethischen Aspekten einer extremen Verlängerung menschlichen Lebens (Moor und Weckert 2003) oder des „gray goo“ zu befassen? Die meisten Wissenschaftler meinen, dass es sich hierbei um Spekulationen handelt, die eher dem Reich der Science Fiction als ernstzunehmender Problemanalyse entstammen. Immerhin bindet ethische Reflexion Ressourcen, und es sollte daher eine gewisse Evidenz für den Realitätsgehalt dieser Visionen vorliegen, wenn hier Ressourcen investiert werden, die an anderer Stelle fehlen könnten. Rein „auf Vorrat“ oder um des intellektuellen Vergnügens willen ist auch ethische Reflexion nicht gefragt.

Eine frühzeitige Befassung mit ethischen Aspekten der Visionen ist jedoch in vielerlei Hinsicht sinnvoll, zumindest aus folgenden drei Gründen:

(1) *Reale Folgen von Spekulationen*: Visionen haben häufig – unabhängig von ihrer Seriosität – reale Folgen. Durch die Beeinflussung der öffentlichen Stimmung können Visionen erheblichen Einfluss auf den weiteren Gang der Dinge erhalten, z. B. auf Technikakzeptanz und Forschungsförderung.

(2) *Vorbereitung auf den nicht auszuschließen den Ernstfall*: Angenommen, dass die genannten Utopien sich doch als mehr denn bloße Spekulationen herausstellen würden (was schließlich

nicht auszuschließen ist, denn es hat immer wieder technischen Fortschritt gegeben, der die „seriösen“ Prognosen weit hinter sich gelassen hat), wäre es wichtig, einen Diskussions- und Lernprozess zur gesellschaftlichen Vorbereitung anzustoßen, um im Falle des Falles relativ rasch ethisch reflektierte und im Prozess gereifte Entscheidungen treffen zu können.

(3) *Lernen über uns selbst*: In der ethischen und anthropologischen Befassung mit spekulativen Zukunftsaspekten der Nanotechnologie sind Lerneffekte über das allgemeine Verhältnis von Mensch und Technik zu erwarten, die erstens etwas über uns selbst verraten und die zweitens auch für andere Bereiche nützlich sein können, wie z. B. für die Robotik (Grunwald 2002).

Es gibt durchaus Möglichkeiten, Technikfolgenabschätzung und ethische Bewertungen als begleitende Prozesse der Technikentwicklung auszulegen. Sind zunächst nur eher abstrakte Überlegungen zu technischen Entwicklungslinien möglich, so können bereits wertvolle Hinweise für den weiteren Entwicklungsweg gegeben werden (z. B. durch frühzeitige Hinweise auf mögliche Technikkonflikte und Wege zur Deeskalation). Darüber hinaus erlaubt die ethische Beurteilung Orientierungen für die Gestaltung des *Prozesses* der Technikentwicklung (z. B. im Hinblick auf Gerechtigkeitsfragen). Im Verlauf der fortwährenden Konkretisierung der Anwendungsmöglichkeiten der Nanotechnologie ist es dann möglich, die zunächst abstrakten Bewertungen und Orientierungen durch das neu verfügbare Wissen immer weiter zu konkretisieren und schließlich eine ethisch reflektierte Technikfolgenbeurteilung durchzuführen.

5 Brauchen wir eine „Nanoethik“?

Gleichwohl ist nicht mit „Nanoethik“ als einem neuen Zweig der Angewandten Ethik zu rechnen. Die Propagierung einer Nanoethik würde verkennen, dass viele der ethischen Fragen, die die Nanotechnologie aufwirft, in anderen Kontexten ethischer Reflexion bereits bekannt sind. Technikethik, Bioethik, Medizinethik oder auch die theoretische Technikphilosophie befassen sich mit Fragen der Nachhaltigkeit, der Risikobewertung, der Schnittstelle zwischen Mensch und Technik bzw. zwischen dem Lebendigen und der Technik.

Neu sind nicht diese Fragen selbst, neu ist vielmehr ihr Zusammentreffen in der Nanotechnologie. Analog zu der bekannten Tatsache, dass Nanowissenschaften und Nanotechnologie Felder sind, in denen traditionelle Grenzen zwischen Physik, Chemie, Biologie und den Technikwissenschaften überschritten werden, werden in ethischen Fragen der Nanotechnologie verschiedene Traditionslinien ethischer Reflexion zusammengeführt. Die modische Kreativität in Begriffsprägungen, wie sie sich etwa in den Begriffen der „Neurophilosophie“ oder der „Nanoethik“ niederschlägt, verdeckt eher den integrativen und Querschnittscharakter vieler ethischer Herausforderungen als dass sie hilfreich wäre. Wir brauchen kein neues Teilgebiet der Angewandten Ethik namens „Nanoethik“, sondern gefragt ist die Bereitschaft der Ethiker zur offenen Befassung mit ethischen Aspekten der Nanotechnologie über die Grenzen der klassischen „Bindestrich-Ethiken“ hinweg, und zum Dialog mit den Natur- und Technikwissenschaftlern.

* Dieser Beitrag geht zum Teil auf erste Überlegungen zurück, die der Autor als Mitglied der Arbeitsgruppe „Nanotechnologie“ der Europäischen Akademie Bad Neuenahr-Ahrweiler erarbeitet hat. Diese Arbeitsgruppe wird 2005 ihren Ergebnisbericht vorlegen.

Literatur

Beck, U., 1988: Gegengifte. Die organisierte Unverantwortlichkeit. Frankfurt: Suhrkamp

etc-group, 2002: Communiqué: No Small Matter! Nanotech Particles Penetrate Living Cells and Accumulate in Animal Organs. Issue 76. May/June 2002; <http://www.etcgroup.org/article.asp?newsid=356>, Zugriffsdatum: 19.03.2004

Fleischer, T., 2002: Technikfolgenabschätzungen zur Nanotechnologie – Inhaltliche und konzeptionelle Überlegungen. In: Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis Heft 3/4, 11. Jahrgang, November, S. 111-122

Fleischer, T., 2003: Technikgestaltung für mehr Nachhaltigkeit: Nanotechnologie. In: Coenen, R.; Grunwald, A. (Hrsg.): Nachhaltigkeitsprobleme in Deutschland. Analyse und Lösungsstrategien. Berlin: edition sigma, S. 356-373

Fleischer, T.; Grunwald, A., 2002: Technikgestaltung für mehr Nachhaltigkeit – Anforderungen an die Technikfolgenabschätzung. In: Grunwald, A. (Hrsg.): Technikgestaltung für eine nachhaltige

Entwicklung. Von der Konzeption zur Umsetzung. Berlin: edition sigma, S. 95-146

Gee, D.; Greenberg, M., 2002: Asbestos: from “magic” to malevolent mineral. In: Harremoes, P.; Gee, D.; MacGarvin, M.; Stirling, A.; Keys, J.; Wynne, B.; Guedes Vaz, S. (eds.): The Precautionary Principle in the 20th century. Late Lessons from early warnings. London: Earthscan, S. 49-63

Gethmann, C.F.; Mittelstraß, J., 1992: Umweltstandards. In: GAIA 1(1992), S. 16-25

Gethmann, C.F., 2000: Ethische Probleme der Verteilungsgerechtigkeit beim Handeln unter Risiko. In: Gethmann-Siefert, A.; Gethmann, C.F. (Hrsg.): Philosophie und Technik. München: Fink (Wilhelm), S. 61-74

Grunwald, A. (Hrsg.), 2003a: Technikgestaltung zwischen Wunsch und Wirklichkeit. Berlin, Heidelberg: Springer

Grunwald, A., 1996: Die Bewältigung von Technikkonflikten. Theoretische Möglichkeit und praktische Relevanz einer Ethik der Technik in der Moderne. In: Zeitschrift für philosophische Forschung 51, S. 437-452

Grunwald, A., 2000: Against Over-Estimating the Role of Ethics in Technology. In: Science and Engineering Ethics 6(2000), S. 181-196

Grunwald, A., 2002: Wenn Roboter planen – Implikationen und offene Fragen einer Begriffszuschreibung. In: Rammert, W.; Schulz-Schaeffer, I. (Hrsg.): Können Maschinen handeln? Soziologische Beiträge zum Verhältnis von Mensch und Technik. Frankfurt, New York: Campus Verlag, S. 141-159

Grunwald, A., 2003b: Methodical Reconstruction of Ethical Advises. In: Bechmann, G.; Hronszky I. (eds.): Expertise and Its Interfaces. Berlin: edition sigma, S. 103-124

Habermas, J., 2001: Die Zukunft der menschlichen Natur. Frankfurt: Suhrkamp

Kopfmüller, J.; Brandl, V.; Jörissen, J.; Paetau, M.; Banse, G.; Coenen, R.; Grunwald, A., 2001: Nachhaltige Entwicklung integrativ betrachtet. Berlin: edition sigma

Mnyusiwalla, A.; Daar, A.S.; Singer, P.A., 2003: Mind the Gap. Science and Ethics in Nanotechnology. In: Nanotechnology 14, pp. R9-R13; <http://www.iop.org/EJ>

Moor, J.; Weckert, J., 2003: Nanoethics: Assessing the Nanoscale from an ethical point of view. Vortrag, TU Darmstadt, 10. Oktober 2003

Paschen, H.; Coenen, C.; Fleischer, T.; Grünwald, R.; Oertel, D.; Revermann, C., 2003: Nanotechnologie. Endbericht. TAB-Arbeitsbericht 92, Berlin: Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag

Roco, M.C.; Bainbridge, W.S. (eds.), 2002: Converging Technologies for Improving Human Performance. National Science Foundation. Arlington, Virginia

Rohbeck, J., 1993: Technologische Urteilskraft. Zu einer Ethik technischen Handelns. Frankfurt: Suhrkamp

Ropohl, G., 1995: Die Dynamik der Technik und die Trägheit der Vernunft. In: Lenk, H.; Poser, H. (Hrsg.): Neue Realitäten – Herausforderung der Philosophie. Berlin: Akademie Verlag, S. 221-237

Ropohl, G., 1996: Ethik und Technikbewertung. Frankfurt: Suhrkamp

Schomberg, R. v., 2004: The Normative Dimensions of the Precautionary Principle and its Relations to Science and Risk Management Decisions. In: Achen, T. (ed.): Microscopic Modification and Big Politics. Linköping Studies in Arts and Sciences. Vadstena (in press)

Schütz, H.; Wiedemann, P.M.; Hennings, W.; Mertens, J.; Clauberg, M., 2004: Vergleichende Risikobewertung. Konzepte, Probleme und Anwendungsmöglichkeiten. Abschlussbericht zum BfS-Projekt „Risikobewertung und -management: Ausarbeitung von Konzepten eines integrierten und vergleichbaren Risikoansatzes“. Schriften des Forschungszentrums Jülich, Reihe Umwelt, Band 45

Weckert, J., 2002: Lilliputian Computer Ethics. Metaphilosophy 33, S. 366-375

Kontakt

Prof. Dr. Armin Grunwald
Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS)
Forschungszentrum Karlsruhe in der Helmholtz-Gemeinschaft
Postfach 36 40, 76021 Karlsruhe
Tel.: +49 (0) 72 47 / 82 - 25 00
Fax: +49 (0) 72 47 / 82 - 48 06
E-Mail: grunwald@itas.fzk.de
Internet: <http://www.itas.fzk.de>

»

Nanofuturismus: Anmerkungen zu seiner Relevanz, Analyse und Bewertung

von Christopher Coenen, Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB)

Im Endbericht zum TAB-Projekt „Nanotechnologie“ (November 2003) kommen in zwei (von zehn) Kapiteln auch Langfrist-Visionen zur Sprache. Eine kritische Auseinandersetzung mit diesen Visionen sei, so das Fazit, „ein wichtiger Beitrag zu einer rationalen, problemadäquaten Diskussion“ über die Zukunft der Nanotechnologie. Allerdings könne dadurch möglicherweise auch die Popularität von Schreckensvisionen erhöht und die Aufmerksamkeit für dringlichere Probleme geringer werden. Im Folgenden wird zum einen auf Ergebnisse des TAB-Projekts sowie auf neuere Entwicklungen in der Debatte zu futuristischen Nanotechnologie-Visionen eingegangen. Zum anderen werden einige Überlegungen zur möglichen Bedeutung des Themas „Nanofuturismus“ im TA-Kontext vorgestellt.

Die Nanoforschung hat sich vor dem Hintergrund eines futuristischen Diskurses in den USA entwickelt, der vor allem auf Ideen Eric Drexlers aus den frühen 1980er Jahren basiert. In deren Zentrum steht die Annahme, dass zukünftig Nanoroboter präzise auf molekularer Ebene werden arbeiten können („Molecular Manufacturing“), einschließlich der Fähigkeit der Selbstreplikation. Drexler verwendete in diesem Zusammenhang den Ausdruck „Nanotechnologie“ und hat seitdem – u. a. durch die frühe Gründung des bis heute sehr aktiven „Foresight Institute“ – sein Konzept erfolgreich popularisiert. Der von ihm inspirierte visionäre Diskurs steht im Kontext eines Forschungs- und Technologiefelder übergreifenden Futurismus, der u. a. auch von seinem Lehrer Marvin Minsky sowie Hans Moravec sowie Ray Kurzweil geprägt wird und populärkulturell wirksam ist. Insbesondere in den 1990er Jahren – im Vorfeld und Zuge der „National Nanotechnology Initiative (NNI)“ – haben Drexlers Ideen auch einigen Einfluss auf die Konzeption staatlicher Aktivitäten zur Nanotechnologie in den USA ausgeübt.