

kable Markteinführungskonzepte, eine verstärkte internationale Zusammenarbeit, interdisziplinäre Ansätze in der Bildung und eine Analyse des Rechtsrahmens gefordert.

- In einem weiteren Antrag der Fraktion der FDP (Bundestags-Drucksache 15/3074) wird unter dem Titel „Forschung und Entwicklung in der Nanotechnologie voranbringen“ auf den Querschnittscharakter der Nanotechnologie, erwartete Umsatzpotenziale und Chancen für kleine und mittlere Unternehmen abgehoben. Im Antrag wird u. a. eine ressortübergreifende Nanotechnologiestrategie, ein verstärktes Networking auf nationaler und europäischer Ebene, eine Untersuchung möglicher Folgen sowie die Einrichtung einer zentralen Informationsstelle gefordert.

Über diese Anträge wird in einer der nächsten Sitzungen des Ausschusses für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung diskutiert. Eine gemeinsame Beschlussempfehlung ist zu erwarten. Danach würde eine erneute Beratung im Plenum stattfinden.

## 7 Fazit

Die Nanotechnologie besitzt das Potenzial zur grundlegenden Veränderung ganzer Technologiefelder. Mit der Nanotechnologie verbinden sich Hoffnungen auf bedeutende Umsatzpotenziale in allen Branchen der Wirtschaft. Sie wird in Zukunft nicht nur die technologische Entwicklung maßgeblich beeinflussen, sondern auch ökologische, ethische und soziale Implikationen mit sich bringen.

\* *Paschen, H.; Coenen, Ch.; Fleischer, T.; Grünwald, R.; Oertel, D.; Revermann, Ch.*, 2004: Nanotechnologie. Forschung und Entwicklung, Anwendung. Heidelberg: Springer-Verlag

## Kontakt

Dr. Dagmar Oertel  
Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB)  
Neue Schönhauser Straße 10, 10178 Berlin  
Tel.: +49 (0) 30 / 284 91 - 106  
Fax: +49 (0) 30 / 284 91 - 119  
E-Mail: [oertel@tab.fzk.de](mailto:oertel@tab.fzk.de)  
Internet: <http://www.tab.fzk.de>

»

## Innovations- und Technikanalyse zur Nanotechnologie

von Volkmar Dietz, Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

**Das BMBF hat im März 2004 die Initiative „Nanotechnologie erobert Märkte“ gestartet. Durch die Initiative soll das Innovationspotenzial der Nanotechnologie erschlossen werden. Eine frühzeitige begleitende Analyse der Chancen und Risiken der Nanotechnologie ist dazu eine Voraussetzung. Drei erste Studien im Auftrag des BMBF zum wirtschaftlichen Potenzial der Nanotechnologie, zur Bedeutung für eine nachhaltige Entwicklung und zum Potenzial im Gesundheitswesen wurden bis März 2004 abgeschlossen.**

### 1 Abgrenzung des Themenfeldes: Definition der Nanotechnologie

Eine allgemein und international akzeptierte Definition zur Nanotechnologie gibt es nicht. Nanotechnologie ist entstanden als ein Sammelbegriff unterschiedlicher Technologien, die auf unterschiedlichsten physikalischen Prinzipien beruhen. So hat beispielsweise das der Nanotechnologie zugerechnete Gebiet der Ultrapräzisionsbearbeitung wenig mit der Nanostrukturierung durch Rastersondentechniken oder dem gezielten Design funktionaler molekularer Systeme durch chemische Methoden gemeinsam. Im Rahmen der Arbeit des BMBF wird folgende Definition zu Grunde gelegt: Nanotechnologie beschreibt die Herstellung, Untersuchung und Anwendung von Strukturen, molekularen Materialien, inneren Grenz- und Oberflächen mit mindestens einer kritischen Dimension oder mit Fertigungstoleranzen unterhalb 100 Nanometer. Aus der Nanoskaligkeit der Systemkomponenten ergeben sich dabei neue Funktionalitäten und Eigenschaften zur Verbesserung bestehender oder Entwicklung neuer Produkte und Anwendungsmöglichkeiten.

In der Nanotechnologie werden zwei Ansätze verfolgt: Zum einen unterschreitet man durch weiter entwickelte Strukturierungsverfahren die kritische Grenze von 100 Nanometern. Bei diesem „top-down“-Ansatz hat die Nanotechnologie Berührungspunkte zur Mikrotechnologie, z. B. zur Mikrosystemtechnik.

Zum anderen werden aus Atomen und Molekülen gezielt komplexere Strukturen aufgebaut („bottom-up“). Dabei überschneidet sich das Gebiet der Nanotechnologie mit den chemischen Technologien und vor allem auch der Biotechnologie. In den letzten Jahren ist entsprechend die Nanobiotechnologie zu einem besonders aktuellen Forschungsgebiet geworden. Weltweit beachtet wird der Ansatz der „konvergierenden Technologien“, nach dem aus den Grenzbereichen zwischen Biotechnologie, Nanotechnologie, Informationstechnologien und Kognitionsforschung ein besonderes Anwendungspotenzial entsteht.

## **2 Das Innovationspotenzial der Nanotechnologie erfordert eine kritische Analyse der Chancen und Risiken**

Nanotechnologie wird vielfach als die Zukunftstechnologie eingeschätzt, von der man sich den nächsten großen Innovationsschub verspricht. Das BMBF hat deshalb die Förderung von Forschungsprojekten zur Nanotechnologie von 1998 bis zum Jahr 2004 um 440 % auf nunmehr ca. 124 Mio. Euro gesteigert.

Mit bedeutenden Innovationen sind prinzipiell neben den Chancen auch Risiken verbunden. Die gesellschaftlichen, ökologischen und wirtschaftlichen Perspektiven, die sich durch die Anwendung der Nanotechnologie ergeben könnten, müssen deshalb frühzeitig analysiert werden und die Forschungspolitik entsprechend darauf abgestimmt werden. Zum heutigen Zeitpunkt investiert das BMBF in Projekte und Studien zu Chancen und Risiken der Nanotechnologie, insbesondere zu ökologischen, sozialen, ethischen, friedenspolitischen und verbraucher-schutzpolitischen Fragestellungen als auch innovationspolitische Maßnahmen und Maßnahmen zur Bildung und Weiterbildung ca. 4,5 % der gesamten Projektfördersumme.

Die meisten dieser Maßnahmen starteten ab dem Jahr 2002. Zu diesem Zeitpunkt bestand folgende Ausgangslage:

- Chancen und Risiken der Nanotechnologie waren zunehmend in die öffentliche Diskussion geraten, ausgelöst durch die so genannte „Bill Joy Debatte“ (Joy 2000), die die ersten Seiten der Tageszeitungen (FAZ, Die Welt, Le Monde) erreicht hatte. Bill Joy, Chef-Entwickler von Sun-Microsystems, hatte in

einer Art Weißbuch eine Zukunft prognostiziert, in der intelligente Maschinen die Menschheit ablösen. Intelligenz von Maschinen erschien ihm dabei möglich durch die Kombination von Robotik, Biotechnologie und Nanotechnologie. Wenn auch dieses Horrorszenario von anerkannten Experten und Expertinnen als unrealistisch angesehen wurde, war damit doch die Nanotechnologie in die Schlagzeilen gekommen.

- Die Technikfolgenabschätzung zur Nanotechnologie stand noch am Anfang. In den wenigen vorliegenden Untersuchungen wurde überwiegend auf das Potenzial der Nanotechnologie verwiesen, z. B. in der Studie der National Science Foundation „Societal implications of nanotechnology“ (NSF 2001). Später gab es auch erste kritische Stimmen, bis hin zu der Forderung der etc-group nach einem Moratorium der Forschung zur Nanotechnologie im Jahr 2003 (etc-group 2003).
- Die Erkenntnisse zum wirtschaftlichen Potenzial der Nanotechnologie waren lückenhaft. Mehrere Studien gaben ein weltweites Marktpotenzial an, das sich von etwa 50 Mrd. Euro in 2001 (Bachmann 1998) bis zu 1000 Mrd. Euro in 2010 (Evolution Capital 2001) entwickeln sollte. Die Definition, was als nanotechnologisches Produkt anzusehen ist, war dabei noch sehr uneinheitlich und erklärt z. T. die großen Schwankungsbreiten in den Ergebnissen der Studien.
- Der mögliche Beitrag der Nanotechnologie zu einer nachhaltigen Entwicklung wurde gemeinhin als groß eingeschätzt, insbesondere wurden ökologische Entlastungseffekte vermutet (Ressourceneinsparung durch die Miniaturisierung). Andererseits wurden mögliche Risiken von Nanopartikeln diskutiert. Eine genauere, quantitative Analyse von konkreten Fallbeispielen gab es aber nicht.
- Während Nanotechnologie in vielen Anwendungsbereichen bereits Produkte am Markt hatte, war das Potenzial im gesellschaftlich wichtigen Gesundheitsbereich noch wenig systematisch analysiert.

### 3 Fakten für die Forschungspolitik: Innovations- und Technikanalyse im Auftrag des BMBF

Um die genannten Wissenslücken zu schließen und um die Wissensbasis für Entscheidungen in der Forschungspolitik zu erweitern, hat das BMBF deshalb im Jahr 2002 drei Studien in Auftrag gegeben:

1. Das wirtschaftliche Potenzial der Nanotechnologie  
Die Studie wurde vom VDI-Technologiezentrum, dem Innovationsteam Deutsche Bank und der Hochschule für Gemeinwirtschaft durchgeführt. Ziel der Untersuchung war es, verlässliche Werte für die Marktbedeutung der Nanotechnologie zu erhalten. Insbesondere sollten Schlüsselbranchen identifiziert werden und Marktabschätzungen für konkrete existierende, in Kürze zu erwartende und in mittlerer Zukunft prognostizierte Produkte angegeben werden.
2. Nanotechnologie und Nachhaltigkeit  
Auftragnehmer der Untersuchung war das Institut für ökologische Wirtschaftsforschung und die Universität Bremen u. a. Ziel war es, an Hand von Fallbeispielen den tatsächlichen Einfluss der Nanotechnologie auf eine nachhaltige Entwicklung abzuschätzen. Die Studie sollte empirisches Datenmaterial liefern, um eine erste wissenschaftliche Bewertung insbesondere der ökologischen Chancen und Risiken der Nanotechnologie zu ermöglichen.
3. Nanotechnologie und Gesundheit  
Die Studie wurde von der Aachener Gesellschaft für Innovation und Technologietransfer, dem Aachener Kompetenzzentrum Medizintechnik, den Fraunhoferinstituten für Lasertechnik und Molekularbiologie sowie dem Institut für Gesundheits- und Sozialforschung erstellt. Es wurden die Auswirkungen der Nanotechnologie im Gesundheitsbereich, d. h. in Diagnose, Therapie und Prävention untersucht, einschließlich einer Analyse der gesundheitsökonomischen Auswirkungen.

### 4 Bisherige Ergebnisse der Innovations- und Technikanalyse zur Nanotechnologie

Die Ergebnisse der Studien sind im Einzelnen in den jeweiligen Beiträgen in diesem Heft vorgestellt. Sie sind Stellungnahmen der jeweiligen Autoren und nicht vom BMBF beeinflusst. Im Folgenden werden einige Kernaussagen zusammengestellt, die Orientierungswissen für die gesellschaftliche Diskussion und damit der Forschungspolitik liefern können.

Die strategische Bedeutung der Nanotechnologie für die zukünftige wirtschaftliche Entwicklung Deutschlands wird in der noch zu veröffentlichenden Studie des VDI-Technologiezentrums belegt (Luther und Malanowski 2004):

- Für Deutschland wird gegenwärtig davon ausgegangen, dass sich etwa 450 Firmen in ihrem Kerngeschäft mit der Nanotechnologie befassen. Damit hat die Nanotechnologie bereits heute vergleichbare wirtschaftliche Bedeutung wie andere Zukunftsbranchen, z. B. der Biotechnologie (350 Unternehmen, Ernst und Young 2004). Von Nanotechnologie sind viele Anwendungsbranchen betroffen. Damit ist die Nanotechnologie eine Querschnittstechnologie, die für eine Volkswirtschaft strategische Bedeutung besitzt.
- Die Firmen im Bereich Nanotechnologie sind sowohl kleine Unternehmen als auch Konzerne/Global Player. Nanotechnologie ist eine für den Mittelstand relevante Technologie.
- Die Mehrzahl der deutschen Firmen sieht die Nanotechnologie als entscheidenden Wettbewerbsfaktor an (ca. 50 %) bzw. sieht eine Stärkung ihrer Wettbewerbsfähigkeit durch Nanotechnologie (ca. 35 %). Nanotechnologie ist damit eindeutig kein „Hype“.
- 17 % der befragten Firmen gehen davon aus, dass sie bis zum Jahr 2006 einen Personalzuwachs im Bereich der Nanotechnologie von 100 % oder mehr verzeichnen werden. Daraus lässt sich ein Beschäftigungspotenzial von derzeit 15.000 - 27.000 Personen auf 18.000 bis 38.000 im Jahr 2006 in der Nanotechnologie abschätzen. Darin ist allerdings nicht berücksichtigt, dass Nanotechnologie in anderen Bereichen zum Wegfall von Arbeitsplätzen durch die Substitution „klassischer“ Technologien führen könnte.

- Deutschland wird in der Forschung zur Nanotechnologie von deutschen Firmenvertretern als weltweit führend eingestuft (Platz 2 nach den USA); in der Umsetzung in marktfähige Produkte liegt es allerdings in vielen Feldern hinter den USA und Japan.
- Das gesamte wirtschaftliche Potenzial der Nanotechnologie lässt sich kaum in einer einzigen Zahl darstellen. Das liegt zum einen daran, dass Nanotechnologie in keiner Wirtschaftsstatistik geführt wird und eine Zuordnung von Firmen und Produkten deshalb schwer fällt. Zum anderen sind zwar viele Produkte heute nicht mehr ohne Nanotechnologie zu vermarkten. Sie enthalten aber neben nanotechnologischen Komponenten auch konventionelle Komponenten. Dies trifft z. B. auf Festplatten für Computer oder für Autoreifen mit Zusatz von Nanopartikeln zu, deren gesamtes Marktvolumen man kaum der Nanotechnologie zurechnen würde. Der Wertschöpfungsanteil der Nanotechnologie am gesamten Produkt kann nicht beziffert werden. Allein der Weltmarkt einiger der wirtschaftlich bedeutenden Produkte mit nanotechnologischen Komponenten, nämlich Metalloxid-Nanopartikel, Dendrimere, Carbon Black, Aerogele, Nanosensoren, CMOS-Elektronik unter 100 nm, GMR-Sensoren und Festplatten, Ultrapräzisionsoptiken und Lithografiestepper, Diodenlaser, Biochips erreicht im Jahr 2006 eine Größenordnung von 100 Mrd. Euro.

In einer Reihe von Anwendungsbeispielen ergeben Ökobilanzen, dass Nanotechnologie zu positiven Nachhaltigkeitseffekten führt. Am Beispiel von Lacken mit nanotechnologischen Komponenten, die sich bereits in der Anwendung befinden, ist dies besonders eindrucksvoll: Energie und Schadstoffbilanz zeigen eindeutig die Vorteile des Nanolacks (Steinfeldt 2004).

In anderen Fällen ist der Einsatz der Nanotechnologie in Produkten erst in Zukunft zu erwarten bzw. die Markteinführung noch nicht sicher. Die technischen Spezifikationen der nanotechnologischen Produkte sind noch nicht klar. In diesen Fällen stehen oftmals nicht alle für eine Ökobilanz notwendigen Daten zur Verfügung. Beispielsweise ist es heute noch technologisches Forschungsziel, die Lichtausbeute von lichtemittierenden Dioden (LED's) erheblich zu steigern. Erst wenn dies gelingt,

ist eine positive Energiebilanz gegenüber Energiesparlampen gegeben. Im Vergleich zur herkömmlichen Glühbirne ist die weiße LED aber bereits heute energetisch günstiger.

Eine positive Energiebilanz ergäbe sich auch für den Einsatz eines neuen, nanotechnologisch basierten Katalysators (Kohlenstoff-Nanoröhrchen) in der Styrolsynthese. Ob sich diese Innovation in der Großchemie durchsetzen kann, hängt allerdings nicht nur von der Energiebilanz ab, sondern z. B. auch von den Investitionszyklen der chemischen Industrie. Zwischen tatsächlich realisierten und im Prinzip möglichen ökologischen Effekten der Nanotechnologie ist zu unterscheiden.

Die wirtschaftliche und die ökologische Bedeutung der Nanotechnologie ist nicht allein ausschlaggebend für das Interesse der Forschungspolitik an der Nanotechnologie. Forschung steht im Dienst des Menschen. Das Potenzial im Gesundheitswesen ist deshalb ein wichtiger Aspekt für forschungspolitische Entscheidungen. Nanotechnologie wird zukünftig in der Medizin eine wichtige Rolle spielen, ist aber heute in diesem Bereich noch nicht weit entwickelt. Die Studie „Nanotechnologie pro Gesundheit – Chancen und Risiken“ liefert hierzu detailliertere Anhaltspunkte (Farkas 2003). Einige Kernthesen sind im Folgenden diskutiert.

Die im Rahmen der Studie befragten Experten sehen den Durchbruch der Nanotechnologie in medizinischen Anwendungen im Zeitraum 2005 – 2015, also in einem relativ nahen Zeitfenster. Hauptanwendungen werden dabei z. B. in der Prävention (z. B. Nanopartikel in Sonnencremes und Zahnpasta) gesehen, in Verfahren der Medikamententwicklung (z. B. so genanntes „rapid screening“ durch weitere Miniaturisierung von Biochips), in der Wirkstoffentwicklung (gezielte Freisetzung und Dosierung von Wirkstoffen, „drug delivery“, z. B. in der Krebstherapie), in der Früherkennung von Krankheiten (Diagnosechips) oder in biokompatiblen Nanoschichten für Implantate.

Deutschland ist nach Expertenmeinung in einer Reihe von Bereichen führend (z. B. bei der Beschichtung von Stents, bei der gezielten Wirkstofffreisetzung, bei bestimmten Nanochips zur Diagnose, bei der Implantatbeschichtung). Dem widerspricht allerdings die Patentanalyse, nach der die Patentanmeldungen weltweit zwar seit 2000 ansteigen (2002: knapp

100 Patente weltweit), aber fast zwei Drittel der Patente von Arbeitsgruppen aus den USA angemeldet werden. Auch die Zahl der bereits realisierten Anwendungen ist in den USA deutlich höher als in Europa.

Besondere Risiken der Nanotechnologie im Gesundheitsbereich sehen die Experten nicht. Mit der Nanotechnologie sind keine neuen spezifischen ethischen Fragestellungen im Gesundheitsbereich verbunden. Die Fragestellungen an die Nanotechnologie sind die, die sich an eine Hochtechnologie in der Medizin generell stellen.

Eine Frage der Studie war auch, ob Nanotechnologie ein weiterer Kostentreiber durch den Einsatz von Hochtechnologien im Gesundheitswesen werden könnte. Dies bestätigt die Studie nicht. Nanotechnologie könnte im Gegenteil in einigen Bereichen zu einer kosteneffizienteren Behandlung führen, auch wenn dies für noch nicht ausgereifte oder gar noch nicht klinisch getestete Behandlungsverfahren schwer abschätzbar ist. In der Studie wird dies u. a. ausführlich am Beispiel eines drug-delivery-Systems zur Tumorbekämpfung diskutiert. Deutliche Kosteneinsparungen im Gesundheitswesen können aber nur erwartet werden, wenn sich durch den Einsatz von Nanotechnologie Versorgungspfade ändern, z. B. durch Ersatz von Krankenhausaufenthalten durch ambulante Behandlungen oder durch Telemedizin. Generell bieten sich hier durch die Nanotechnologie Möglichkeiten.

Das BMBF wird im Rahmen der Initiative „Nanotechnologie erobert Märkte“ (BMBF 2004) einen Schwerpunkt in den Anwendungen im medizinischen Bereich setzen (Leitinnovation „NanoforLife“), um das Potenzial der Nanotechnologie im Gesundheitsbereich auszuschöpfen.

## 5 Einige offene Fragen in der Begleitforschung zur Nanotechnologie

Die Studien, die im Auftrag des BMBF durchgeführt wurden, ergänzen bereits existierende Untersuchungen (z. B. NSF 2001, Paschen et al. 2004, Wood et al. 2003, TA-SWISS 2003). Weitere Projekte laufen noch, insbesondere ist das vom BMBF unterstützte Projekt der Europäischen Akademie zur Erforschung der Folgen technisch-wissenschaftlicher Entwicklungen zum Thema „Standortbestimmung und

Perspektiven zu Nanomaterialien, Nanodevices und Nanocomputing“ zu nennen.

Auch wenn die Zahl der Untersuchungen zu Chancen und Risiken der Nanotechnologie stark angestiegen ist, sind dennoch zahlreiche Fragen offen geblieben. Dazu zählen insbesondere:

Die zeitliche Entwicklung des Marktes für Nanotechnologie einschließlich des Arbeitsmarktes ist für die forschungspolitische Argumentation von besonderer Bedeutung. Sie ist Bestandteil einer Stärken-Schwächen-Analyse für die Nanotechnologie in Deutschland. Damit gibt sie Zusatzinformationen bei der Prioritätensetzung in der Nanotechnologie und zeigt an, ob forschungspolitische Maßnahmen Erfolge zeigen. Eine solche kontinuierliche Berichterstattung existiert im Bereich der Nanotechnologie nicht. Zum Vergleich: In der Biotechnologie wurde seit Jahren mit dem „Ernst&Young-Report“ ein Instrument geschaffen, mit dessen Hilfe sich beurteilen lässt, ob Deutschland seine Position im weltweiten Vergleich verbessern konnte und inwieweit sich Biotechnologie im Markt durchsetzt und zu Arbeitsplätzen führt.

Mit der Studie „Nanotechnologie und Nachhaltigkeit“ (Steinfeldt 2004) wurde das ökologische Potenzial von Nanopartikeln, wurden aber auch mögliche Risiken in Einzelfällen analysiert. U. a. der Bericht des Büros für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (Paschen et al. 2003), in dem weitere Fallbeispiele angeführt werden, kommt zu dem Schluss, dass weitere Forschung zu gesundheitlichen und ökologischen Aspekten von Nanopartikeln notwendig sind.

Insbesondere in den USA wird der Beitrag der Nanotechnologie zu ziviler und militärischer Sicherheit viel diskutiert (Ratner 2004). Im Gesamtzusammenhang der konvergierenden Technologien (Nanotechnologie, Biotechnologie, Informationstechnik und Kognitionswissenschaften, NBIC) nimmt man an, dass Nanotechnologie zur inneren Sicherheit, z. B. in der Terrorismusabwehr, aber auch zur Verbesserung der Ausrüstung von Soldaten und von Waffen, beitragen kann. In Deutschland ist dies ein untergeordnetes Thema.

In der öffentlichen Diskussion ist Nanotechnologie stark mit utopischen Visionen verbunden. Es gibt einerseits optimistische Visio-

nen, die das Potenzial der Nanotechnologie weit überzeichnen (Drexler 1986 und 1999). Ein Beispiel sind die Nano-U-Boote, die in der Blutbahn Reparaturen durchführen. Andererseits gibt es unrealistische Horrorszenarien (Joy 2000). Innovations- und Technikanalyse hat die Aufgabe, zur Versachlichung der Diskussion beizutragen. Es gibt wenig Visionen und Szenarien, die realistische Potenziale berücksichtigen und auf wissenschaftlicher Basis die Möglichkeiten der Nanotechnologie anschaulich machen. Szenarien könnten ein geeignetes Instrument für die angestrebte Versachlichung der öffentlichen Diskussion sein.

### Literatur

*Bachmann, G.*, 1998: Innovationsschub aus dem Nanokosmos. Technologieanalyse durch den VDI im Auftrag des BMBF. VDI-Technologiezentrum, Düsseldorf, Zukünftige Technologien Nr. 28

*BMBF*, 2004: Nanotechnologie erobert Märkte – Deutsche Zukunftsoffensive für Nanotechnologie. Bonn

*Drexler, K.E.*, 1986: Engines of Creation. New York: Anchor Books editions (Random House)

*Drexler, K.E.*, 1992: Nanosystems – Molecular Machinery, Manufacturing, and Computation. New York u. a.: John Wiley & Sons, Inc.

*Ernst & Young*, 2004: Deutscher Biotechnologie-Report; [http://www.innovations-report.de/html/berichte/biowissenschaften\\_chemie/bericht-29146.html](http://www.innovations-report.de/html/berichte/biowissenschaften_chemie/bericht-29146.html)

*etc-group (action group on erosion, technology and concentration)*, 2003: No small matter II: The case for a global moratorium...Winnipeg, Manitoba, Canada

*Evolution Capital Ltd.*, 2001: Nanotechnology: Commercial Opportunity. London

*Farkas, R. u. a.*, 2003: Nanotechnologie pro Gesundheit – Chancen und Risiken. Studie im Auftrag des BMBF, noch nicht veröffentlicht

*Luther, W.; Malanowski, N.; Bachmann, G.; Werner, M. u. a.*, 2004: Wirtschaftliche Bedeutung der Nanotechnologie. Studie des VDI-Technologiezentrums u.a. im Auftrag des BMBF, noch nicht veröffentlicht

*NSF/National Science Foundation*, 2001: Societal Implications of Nanoscience and Nanotechnology. NSET Workshop Report. Edited by Mihail C. Roco and William S. Bainbridge. NSF Report, Arlington, Virginia, March 2001

*Paschen, H.; Coenen, Ch.; Fleischer, T.; Grünwald, R.; Oertel, D.; Revermann, Ch.*, 2004: Nanotechnologie. Forschung und Entwicklung, Anwendung. Heidelberg: Springer-Verlag

*Ratner, D.; Ratner, M.*, 2004: Nanotechnology and Homeland Security. New Weapons for New Wars. Prentice Hall

*Steinfeldt, M.*, 2004: Nanotechnologie und Nachhaltigkeit. Studie im Auftrag des BMBF, noch nicht veröffentlicht

*TA-SWISS (Hrsg.)*, 2003: Nanotechnologie in der Medizin. Studie des Schweizer Zentrums für Technikfolgenabschätzung TA-SWISS. TA 47/2003, Bern

*Wood, S.; Jones, R.; Gelhart, A.*, 2003: The social and Economic Challenges of Nanotechnology. Swindon, UK: Economic and Social Research Council

### Kontakt

Dr. Volkmar Dietz

Bundesministerium für Bildung und Forschung  
Referat „Strategie, Planung und Forschungs-  
koordination“

Hannoversche Str. 28-30, 10115 Berlin

Tel.: +49 (0) 18 88 / 57 51 43

Fax: +49 (0) 18 88 / 57 8 51 43

E-Mail: [Volkmar.Dietz@bmbf.bund.de](mailto:Volkmar.Dietz@bmbf.bund.de)

«