

Nanotechnologie in Forschung, Entwicklung und Anwendung TAB-Projekt Nanotechnologie (TA-Projekt)*

von Dagmar Oertel, Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag

Die bundesweit erste umfassende Übersichtsstudie spiegelt den Stand von Forschung, Entwicklung und Anwendung in den Bereichen Informations- und Kommunikationstechnik, Lebenswissenschaften sowie weiteren ausgewählten Industriebranchen. Sie gibt Einblick in das, was Nanotechnologie ist und kann, welche Hoffnungen in sie gesetzt werden und wie weit fortgeschritten die Entwicklung dieser Technologie mittlerweile ist. Mit dieser Studie soll nicht nur der Politik eine Entscheidungshilfe, sondern auch der interessierten Öffentlichkeit eine fundierte, auf breitem Fachwissen beruhende, allgemeinverständliche Darstellung vom aktuellen Stand und den erwarteten Perspektiven der Nanotechnologie zur Verfügung gestellt werden.

Angesichts der enormen Chancen, die dieser Schlüsseltechnologie für die zukünftige wirtschaftliche und gesellschaftliche Entwicklung zugeschrieben werden, und der andererseits bestehenden Unsicherheiten über ihre Nutzungsperspektiven und die mit ihrem Einsatz möglicherweise verbundenen Risiken wurde das Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB) vom Deutschen Bundestag beauftragt, eine umfassende Untersuchung zu „Stand und Perspektiven der Nanotechnologie“ durchzuführen. Insgesamt gesehen befindet sich die Nanotechnologie noch in einem frühen Stadium der Entwicklung. In solchen Situationen können Technikfolgenabschätzungen sinnvoll nur als „begleitende Prozesse“ aufgefasst und konzipiert werden. Das TAB-Projekt versteht sich somit als Teil eines die Weiterentwicklungen und vielseitigen Anwendungen der Nanotechnologie begleitenden Prozesses. Initiiert wurde es auf Anregung aller Fraktionen des Bundestagsausschusses für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung. Das Projekt wurde im Herbst 2001 begonnen und im Herbst 2003 mit der Abnahme des Endberichtes – im Rahmen einer öf-

fentlichen Präsentation im Deutschen Bundestag – abgeschlossen.

1 Das Potenzial der Nanotechnologie ist enorm

Das Feld der Nanotechnologie zeichnet sich insgesamt durch ausgeprägte Heterogenität aus. Dies gilt sowohl für die relevanten Technologien selbst als auch für die (potenziellen) Anwendungen und die Zeithorizonte ihrer Realisierung. Deutlich ist jedoch festzustellen, dass sich der Prozess der Umsetzung nanotechnologischer Forschungs- und Entwicklungsergebnisse beschleunigt. Es finden sich immer mehr Beispiele bereits realisierter Anwendungen in wichtigen Industriebranchen. Eine Fülle von Anwendungsideen ist im Stadium der Entwicklung oder Erprobung und wird mittelfristig realisiert werden können.

Auf der anderen Seite ist die Wahrnehmung der Nanotechnologie in der Öffentlichkeit weniger von konkreten Anwendungen dieser Technologien und von realistisch erscheinenden Anwendungsideen geprägt als von utopisch anmutenden visionären Diskursen (s. a. den Beitrag von Ch. Coenen „Nanofuturismus“), in denen Horrorvisionen mit Zukunftsvorstellungen eines mit Hilfe der Nanotechnologie wahr werdenden „goldenen Zeitalters“ konkurrieren. Damit wird oft der Blick darauf verstellt, was im Bereich der Nanotechnologie tatsächlich erforscht und entwickelt wird.

2 Forschung und Entwicklung international

Im internationalen Vergleich nimmt Deutschland in Forschung und Entwicklung weltweit eine starke Position ein. Dies ist sowohl an der Zahl der Publikationen (Platz drei hinter den USA und Japan) als auch an der Zahl der Patentanmeldungen (Platz zwei hinter den USA und vor Japan) abzulesen. Im Jahr 2002 wurden öffentliche Mittel in Höhe von rund 200 Millionen Euro eingesetzt. Damit entfiel auf Deutschland mehr als die Hälfte der öffentlichen Mittel, die EU-weit für die Nanotechnologie zur Verfügung standen.

3 Wichtige Anwendungsfelder

Die Verkleinerung von Abmessungen bis in den Nanometerbereich führt oft zu charakteristischen, für gänzlich neue Anwendungen nutzbare Materialeigenschaften. Mit Hilfe der Nanotechnologie lassen sich somit völlig neuartige Architekturen und Prozessabläufe realisieren. Zudem lassen sich durch den kontrollierten Aufbau makroskopischer Körper aus atomaren und molekularen Bausteinen deren Eigenschaften gezielt einstellen.

Daraus ergeben sich eine Reihe von konkreten Anwendungen und Anwendungsideen in den verschiedensten Bereichen. Sie bilden einen Schwerpunkt in der TAB-Studie und wurden aus verschiedenen Blickwinkeln betrachtet: Zum einen unter dem Blickwinkel neuartiger Eigenschaften nanotechnologischer Produkte und Verfahren. Diese wurden für einen Überblick mit entsprechenden Anwendungsfeldern verknüpft (Oberflächenfunktionalisierung und -veredelung, Katalyse, Chemie, Werkstoffsynthese, Energieumwandlung und -nutzung, Konstruktion, Nanosensoren und Aktuatoren, Informationsverarbeitung und -übermittlung, Lebenswissenschaften, Sicherheit und Rüstung).

Angesichts des ausgeprägten Querschnittscharakters der Nanotechnologie dürfte es kaum einen Industriezweig geben, der zukünftig nicht durch nanotechnologische Innovationen beeinflusst wird. Unter diesem Blickwinkel wurden ausgewählte Industriebranchen (Automobilindustrie, Luft- und Raumfahrtindustrie, Bauwesen, Textilindustrie, Energiewirtschaft, chemische Industrie) betrachtet. Hinzu kommt eine weitere Vertiefungsebene für zwei ausgewählte Bereiche – die IuK-Technik und die Lebenswissenschaften.

4 Chancen und Risiken

Nanotechnologie gilt als Schlüsseltechnologie, von der Anstöße zu innovativen Entwicklungen in den verschiedensten technologischen Bereichen und gesellschaftlichen Anwendungsfeldern erwartet werden. Hiermit verbindet sich die Hoffnung auf bedeutende Umsatzpotenziale in vielen Bereichen der Wirtschaft, aber auch auf Entlastungseffekte für die Umwelt und auf positive Auswirkungen im Bereich der menschlichen Gesundheit. Andererseits mehren

sich kritische Stimmen, die auf mögliche negative Folgen für Umwelt und Gesundheit und mit dem Einsatz der Nanotechnologie verbundene ethische Probleme aufmerksam machen.

Für den Bereich Gesundheit und Umwelt werden durch den Einsatz von Nanotechnologie deutliche Entlastungseffekte vermutet bzw. erhofft. Im Bereich Gesundheit sind dies u. a. Entwicklung neuer Diagnose- und Therapieverfahren, nebenwirkungsfreie Behandlungen oder erhebliche Erkenntnisfortschritte in den Biowissenschaften. Entlastungseffekte für die Umwelt können sich u. a. durch die Einsparung von stofflichen Ressourcen, die Verringerung des Anfalls von umweltbelastenden Nebenprodukten, Verbesserung der Effizienz der Energieumwandlung etc. ergeben.

Mögliche negative Folgen haben in der Diskussion einen Bezug zu Auswirkungen einer unkontrollierten Freisetzung von Nanopartikeln. Wobei derzeit verfügbare Untersuchungsergebnisse hinsichtlich ihrer Belastbarkeit begrenzt sind und zudem im Wesentlichen auf Analogieschlüsse zur Wirkung ultrafeiner Partikel beruhen.

5 Handlungsbedarf für die Politik

Die Voraussetzungen für die erfolgreiche Weiterentwicklung der Nanotechnologie und die breite wirtschaftliche und gesellschaftliche Nutzung ihrer Potenziale müssen geschaffen bzw. verbessert werden. Hieraus resultiert vielfältiger Klärungs- und Handlungsbedarf. Da sich die Nanotechnologie – insgesamt gesehen – noch in einem relativ frühen Stadium der Entwicklung befindet, kommt den Anforderungen an staatliches Handeln besondere Bedeutung zu.

Die Nanotechnologie muss in der öffentlichen Forschungsförderung ein prioritärer Bereich bleiben, damit die deutsche Forschung ihre derzeit starke internationale Position im Bereich der Nanotechnologie behaupten kann. Das Anwendungspotenzial und der ökonomische und gesellschaftliche Nutzen sollten als Beurteilungskriterien für öffentliche Förderung stärkeres Gewicht erhalten. Die Kompetenzzentren Nanotechnologie könnten eine aktivere und erweiterte Rolle bei der Umsetzung von Ergebnissen nanotechnologischer Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten spielen.

Der Stand der Forschung über die potenziellen Umwelt- und Gesundheitswirkungen der Herstellung und Anwendung nanotechnologischer Verfahren und Produkte ist unbefriedigend. Erheblich verstärkte Forschungsanstrengungen sind hier dringend erforderlich, da sich aus dem fehlenden Wissen um die Umwelt- und Gesundheitsfolgen Hemmnisse für die Markteinführung von Nanotechnologien ergeben könnten.

Forschung zu gesellschaftlichen und ethischen Aspekten der Entwicklung und verbreiteten Anwendung der Nanotechnologie sollte bereits jetzt initiiert werden. Fragen des Datenschutzes (insbesondere im medizinischen Bereich) und des Schutzes der Privatsphäre sollten regelmäßig hinsichtlich relevanter nanotechnologischer Neuentwicklungen wissenschaftlich untersucht und öffentlich diskutiert werden.

Die umfassende Information der Öffentlichkeit ist Voraussetzung einer rationalen gesellschaftlichen Auseinandersetzung mit der Nanotechnologie. Anzustreben wäre die Schaffung einer zentralen Informationsquelle für die breite Öffentlichkeit zum Thema Nanotechnologie. Dabei könnte auf die Informationsangebote der einzelnen Kompetenzzentren und auf andere nationale, europäische und außereuropäische Informationsportale zurückgegriffen werden.

Aus den Fortschritten in der Nanotechnologie – und aus der zunehmenden Konvergenz verschiedener Technologie- und Forschungsbereiche – entstehen neue Anforderungen an die Bildungspolitik. Interdisziplinäre Ansätze in Ausbildung und Nachwuchsförderung in der Nanotechnologie und verwandten Technologiebereichen müssen kontinuierlich und verstärkt gefördert werden. Sozial- und geisteswissenschaftliche Technikforschung sollte dabei mehr als bisher einbezogen werden. Der nanotechnologische Qualifizierungsbedarf verschiedener Berufsgruppen ist vertieft zu untersuchen und gegebenenfalls durch geeignete Qualifizierungsangebote abzudecken.

Politische Entscheidungen über die Notwendigkeit nanotechnologiespezifischer Regulierungen werden in absehbarer Zeit getroffen werden müssen. Für solche Entscheidungen sind die sachlichen Grundlagen zu schaffen. Dazu gehört – neben einer wesentlich verbesserten Datenbasis zu den Auswirkungen nanotechnologischer Verfahren und Produkte auf

Umwelt und menschliche Gesundheit – eine systematische und umfassende Analyse des derzeitigen für Anwendungen der Nanotechnologie relevanten Rechtsrahmens. Die Einrichtung eines den weiteren Anwendungsprozess der Nanotechnologie begleitenden entscheidungsunterstützenden Monitoring-Programms sollte erwogen werden.

6 Stand der Rezeption im Bundestag

Mit der Abnahme des TAB-Berichtes verbindet sich zugleich die weitere Einspeisung in den parlamentarischen Beratungsprozess, also die Überweisung an die mitberatenden Ausschüsse (Wirtschaft und Arbeit, Verkehr, Umwelt- und Gesundheit, Verteidigung) sowie die Diskussionen in den Fraktionen und im Plenum des Deutschen Bundestages. Momentan liegen drei Anträge der Bundestagsfraktionen zum Thema „Nanotechnologie“ vor, die alle einen Bezug zur TAB-Studie und deren Ergebnisse aufweisen:

- In einem Antrag der Fraktionen der SPD und BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN (Bundestags-Drucksache 15/3051) wird unter dem Titel „Aufbruch in den Nanokosmos – Chancen nutzen, Risiken abschätzen“ auf die Bedeutung der Nanotechnologie abgehoben sowie auf bereits laufenden Projektförderungen des BMBF in diversen Bereichen. Im Antrag wird u. a. eine verstärkte Förderung vorwettbewerblicher Innovationskonzepte, gesellschaftlicher Diskurs über Chancen und Perspektiven der Nanotechnologie und bildungspolitische Herausforderungen, verstärkte Forschungsanstrengungen über potenzielle Umwelt- und Gesundheitswirkungen, positive Erschließung von Nachhaltigkeitspotenzialen, Regulierungs- und Normungsbedarf und ein entscheidungsunterstützendes Monitoring-Programm gefordert.
- In einem Antrag der Fraktion der CDU/CSU (Bundestags-Drucksache 15/2650) werden unter dem Titel „Nanotechnologische Forschung und Anwendung in Deutschland stärken“ die Chancen der Nanotechnologie aus der Standort-Sicht für Deutschland sowie aus Gründerperspektive thematisiert. Im Antrag wird u. a. eine nationale Nanotechnologiestrategie für den Zeitraum bis 2010, eine gezielte Forschungsförderung, prakti-

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
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.