

Technikfolgenabschätzungen zur Nanotechnologie

T. Fleischer, ITAS

Einleitung

Nanotechnologie ist für Technikforscher ein herausfordernder Untersuchungsgegenstand. Die Erwartungen und Versprechungen ihrer Entwickler und Fürsprecher haben zu einem regen wirtschaftlichen und forschungspolitischen Interesse geführt, das einher geht mit einer wachsenden öffentlichen Aufmerksamkeit. Nanotechnologie soll – unter anderem – die Herstellung, Strukturierung und „Manipulation“ von Materialien auf atomarer und molekularer Ebene und damit verbunden die Kontrolle von makroskopischen – ggf. neuen – Funktionalitäten und Produkteigenschaften, neue diagnostische und analytische Fähigkeiten sowie die weitere Miniaturisierung von Komponenten, Produkten und Verfahren ermöglichen. Dies verspricht das Eröffnen umfangreicher Potenziale im Hinblick auf wirtschaftliche Verwertung und die Lösung zahlreicher wissenschaftlicher und gesellschaftlicher Herausforderungen.

Zugleich haben die technischen Möglichkeiten und Visionen im Bereich der Nanotechnologie und ihre mediale und künstlerische Reflexion eine breitere Auseinandersetzung mit Chancen und Risiken dieser Techniken ausgelöst. Die Medien tragen erheblich dazu bei, Bilder und Visionen der Nanotechnologie zu gestalten, wobei sie vor allem Extrempositionen aufgreifen. Im Rahmen der Wissenschaftskommunikation lassen sich selbst besonnene Forscher zu manchem Superlativ hinreißen. Die bunte Gemengelage aus Visionen und Erwartun-

gen, aus Hoffnungen und Befürchtungen hat im öffentlichen und politischen Raum viele Fragen und auch Rufe nach Gestaltung und Kontrolle provoziert. Dies führte weltweit zu einer intensiveren Beschäftigung mit Nanotechnologie und den Möglichkeiten und Folgen ihrer Nutzung [1-5]. Auch seitens des Forschungszentrums Karlsruhe wird dieser Aufgabe seit einigen Jahren nachgekommen.

Was verstehen wir unter Technikfolgenabschätzung?

Zunächst scheint der Begriff der Technikfolgenabschätzung (TA) erklärungsbedürftig. Er ist eine Übersetzung des englischen *technology assessment* und bietet Raum für Interpretation und damit auch Missverständnisse. Die sprachlich suggerierte Konzentration auf „Technikfolgen“ (von vielen schnell auch direkt oder unterschwellig mit Risiken gleichgesetzt) setzt seine Vertreter oft dem Vorwurf unreflektierter Technikkritik aus. Auch die „Abschätzung“ ist vielen Wissenschaftlern und Ingenieuren eher verdächtig.

Dabei sind Wahlentscheidungen, kleine „Folgenabschätzungen“, ein untrennbarer Bestandteil von wissenschaftlichem, forschungspolitischem und Ingenieurhandeln: Wissenschaftler unterscheiden aussichtsreiche von weniger erfolgversprechenden Forschungsthemen, Ingenieure bevorzugen eine Systemauslegung gegenüber einer anderen, Politiker bewerten die Relevanz von Forschungsfeldern unterschied-

lich und weisen entsprechend unterschiedliche Fördermittel zu. Diese Wahlhandlungen sind zunächst sozial, d.h. vom Menschen verursacht, und orientieren sich in einem sozial geprägten Umfeld. Technikentwicklung ist kein allein einer eigenen inneren Dynamik folgender Prozess. Sie ist ökonomisch, politisch, kulturell, rechtlich beeinflussbar und wird de facto durch diese Zielsetzungen und Rahmenbedingungen auch beeinflusst.

Die spezifische Qualität der TA ist ihr breiter systematischer und strukturierter Zugang zu diesen Fragen. Durch sie werden Wissen über die Realisierungsbedingungen und Folgen menschlichen Handelns und ihre Bewertung in Bezug auf die Entwicklung und den Einsatz von neuen Techniken erarbeitet und vermittelt, wobei umweltbezogene, ökonomische, soziale und politisch-institutionelle Fragen im Mittelpunkt stehen [6].

Technikfolgenabschätzungen zur Nanotechnologie sind mit mehreren methodischen Herausforderungen konfrontiert, die vor allem den analytischen Zugang zum Gegenstandsbereich, die Abgrenzung des Untersuchungsrahmens und die Zeitdimension betreffen.

Definitionen

Als erstes zu nennen ist das *Definitionsproblem*. Existierende Definitionen sind auf den ersten Blick recht ähnlich, häufig wird auf einen Größenbereich (typisch kleiner 100 nm) und dort auftretende neue oder einzigartige Eigenschaften verwiesen. Bei ge-

nauerer Analyse zeigen sich aber zahlreiche Unterschiede und Unschärfen. Beispielsweise: Wann sind Eigenschaften „neu“, was macht sie „einzigartig“? Setzt eine „Technologie“ nicht die – wenigstens konzeptionelle – Nutzbarkeit des Effektes voraus? Wo grenzt sie sich von reiner Grundlagenforschung („Nanoscience“) ab?

Dies mag auf den ersten Blick als rein akademische Diskussion erscheinen, sie hat aber erhebliche praktische Relevanz. In vielen Debatten, sowohl zwischen Wissenschaftlern und Forschungspolitikern als auch mit der interessierten Öffentlichkeit, zeigt sich immer wieder, dass der Begriff der Nanotechnologie einen breiten Auslegungsspielraum zulässt. Während dies für manche Zwecke durchaus gewünscht zu sein scheint, ist es für andere problematisch. Nicht selten werden in der Folge Nanotechnologie-Entwicklungen zugerechnet, bei denen der Bezug zu ihr nur durch ein gehöriges Maß an Interpretation herzustellen ist. Häufig finden sich auch Beispiele, die einen nur relativ engen (oft weit in der Zukunft liegenden und in seiner Realisierbarkeit noch ungeklärt) Ausschnitt aus dem breiten Feld von Nanotechnologie betreffen, aber in der Diskussion als Repräsentant des „Ganzen“ genommen werden und so Technikbilder (und Technikängste!) prägen, die vielen aktiven Wissenschaftlern als eher abseitig, unwahrscheinlich oder entwicklungsbehemmend gelten.

Unterschiedliche Begriffsverständnisse erschweren aber nicht nur die Kommunikation mit

Öffentlichkeit und Medien, zudem sind sie eine große Herausforderung für quantitative Studien, etwa zu Marktvolumina oder zu Vergleichen von Förderaktivitäten. Darüber hinaus ist dies auch für das Rechtssystem erheblich. Die Auflage von „Nanotechnologie-Fonds“ durch Investmentfirmen hat bereits juristische Ermittlungen zur Klärung der Rechtmäßigkeit dieser Zuordnung und ihrer Auswirkung auf die Börsenkurse der jeweiligen Unternehmen ausgelöst. Auch bei Umweltrecht und Regulierung, beim Schutz geistigen Eigentums (IPR) oder Patentwesen werden exakte Begriffsbestimmungen und Abgrenzungen in Zukunft sicher noch an Bedeutung gewinnen. Diesen Prozess zu begleiten haben sich Aktivitäten unter Mitwirkung von TA-Forschern und Nanotechnologieexperten aus dem Forschungszentrum verschrieben [7,8].

Realisierungen

Eine zweite Herausforderung resultiert daraus, dass *Nanotechniken als „enabling technologies“* zu charakterisieren sind. Dies bedeutet, dass oft nicht die Nanotechniken selbst einen unmittelbaren Produktbezug haben. Vielmehr werden durch nanotechnologiebasierte Materialien oder Verfahren neue Entwicklungen bei bekannten Produkten und Techniken, aber auch neuartige Produkt- und Prozessinnovationen „ermöglicht“, ohne dass der Nano-Bezug unmittelbar erkennbar wird. Weniger die Nanomaterialien und -techniken selbst als ihre Anwendung in neuen Produkten und Verfahren werden be-

trächtliche ökonomische und damit verbunden auch soziale, institutionelle und ökologische Konsequenzen haben. Klassische Beispiele sind hier etwa die technische Nutzung des „Riesen-Magnetowiderstandseffektes“ (GMR-Effektes) für die Informationsspeicherung auf Computer-Festplatten oder die Nutzung von Kohlenstoff-Nanopartikeln in Autoreifen mit verbesserten Anwendungseigenschaften.

Potenziale von neuen Techniken – wie auch die Folgen ihrer Nutzung – können aber erst dann analysiert werden, wenn konkrete Produkte und Dienstleistungen sowie deren Anwendungskontexte bekannt sind. Für „enabling technologies“ ist ein solcher Zusammenhang deshalb zunächst in strukturierter und in seinen Ergebnissen belastbarer Form herzustellen. Um diese „methodische Lücke“ zu schließen, untersuchen wir zur Zeit die Möglichkeit, so genannte Roadmapping-Verfahren zu nutzen und für die genannten Zwecke zu adaptieren [9]. Damit einher geht eine Konkretisierung der Technikfelder und damit eine fallbezogene Betrachtung. Aussichtsreiche Untersuchungsfelder könnten Forschungsschwerpunkte von Helmholtz-Zentren mit Nanotechnologie-Bezug, die Leitinnovationen des BMBF oder die so genannten „konvergierenden Techniken“ sein. Technik- und kontextspezifische Analysen würden darüber hinaus einigen momentan zu beobachtenden Tendenzen zur Banalisierung der Folgediskussion zu Nanotechnologie durch übermäßige Komplexitätsreduktion und unge-

rechtfertige Generalisierung („die Folgen der Nanotechnologie“) entgegenwirken. Zudem böten sich bei einigen der hier genannten Anwendungsfelder mögliche Plattformen für die Untersuchung der Nachhaltigkeitspotenziale neuer technischer Entwicklungen [10].

Einen engen Bezug zu dieser Thematik hat die bereits öffentlich diskutierte Frage nach den Gesundheits- und Umweltrisiken von Nanopartikeln und nanopartikelhaltigen Produkten. Deren Untersuchung, die u.a. ebenfalls am Forschungszentrum Karlsruhe durchgeführt wird (s. Beitrag von Krug et al. in diesem Heft), hat unmittelbare Relevanz für Technikfolgenabschätzungen. Dies gilt unter anderem für die Erarbeitung von Innovationsstrategien, die Festlegung von Wirkungskategorien im Rahmen von Lebenszyklusanalysen oder die Risikoabschätzung für nanopartikelhaltige Produkte für unterschiedliche Anwendungen. Auch Aspekte der Risikokommunikation werden hier zukünftig eine wachsende Rolle spielen.

Visionen

Aus den breiten definitorischen Ansätzen der Nanotechnologie resultieren eine hohe inhaltliche Diversität und zeitliche Heterogenität der ihr zugerechneten wissenschaftlich-technischen Entwicklungen. Weite Teile existieren bisher nur als *Visionen* und Forschungsthemen, prägen aber entscheidend die öffentliche Diskussion. Dabei zeichnen sich zwei Diskurslinien ab. Wissenschaftsbasiert-technikoptimisti-

sche Visionen bauen auf gesicherten wissenschaftlichen Erkenntnissen auf und berücksichtigen Rahmenbedingungen der Technikentwicklung und deren Wandel. Sie spielen eine (zunehmend) wichtige Rolle in der Forschungspolitik („hope and hype“), können orientierend und handlungsleitend sein und die bereits frühzeitige gesellschaftliche Auseinandersetzung mit technischem Wandel ermöglichen. In futuristisch-dystopischen Visionen hingegen lässt Technik entweder „alle Menschheitsträume wahr“ werden oder bedroht die Menschheit oder deren Existenzgrundlagen. Beide Typen beeinflussen sowohl Wissenschaft als auch Forschungspolitik. Sie ermöglichen neue Ideen und sollen Technikbegeisterung wecken, sie sind aber auch die Basis für unbegründete Hoffnungen und Befürchtungen. Problematisch ist, dass diese Diskurse zunehmend zu verschmelzen scheinen. Visionen, vor allem ihr kognitiver und evaluativer Gehalt und ihre Folgen, könnten aus diesen Gründen zu einem – wiederentdeckten – Analysegegenstand innerhalb von Technikfolgenabschätzungen werden [11].

Ausblick

Wenngleich schon einige interessante Ergebnisse aus TA-Untersuchungen vorliegen, gibt es für eine ganze Reihe von im Kontext von Nanotechnologie diskutierten Materialien, Produkten, Techniken, Verfahren selbst in Bezug auf grundsätzliche Fragestellungen noch beträchtlichen Forschungsbedarf.

Dabei sind einfache und schnelle Antworten kaum zu erwarten. Schon das Verhältnis von Technik und den Folgen ihrer Anwendung, nicht zuletzt gemessen an den Kriterien einer nachhaltigen Entwicklung, ist diskutabel. Technischeinsatz wirkt nicht generell in die gewünschte oder erwartete Richtung. Häufig gibt es uneindeutige und gegenläufige Effekte und Einschätzungen. Technik ist insoweit immer ambivalent. Dies birgt erhebliche methodische Herausforderungen in Bezug auf Analyse und Bewertung. Dieses ex ante vollständig leisten zu wollen hieße, schon den inhaltlichen Anspruch von Technikfolgenabschätzungen zu überfordern. Ziel ist vielmehr die Initiierung eines Prozesses, bei dem in gegenseitiger Kooperation zwischen Technikentwicklung und Folgenanalyse, zwischen Nano- und Materialwissenschaften, Anwendungsexperten, Toxikologen und Reflexionswissenschaften interdisziplinär der Entstehungsprozess neuer Techniken begleitet wird. Ein solches reflexives Vorgehen trüge sicherlich auch Forderungen aus der Debatte um eine „nachhaltige Forschungs- und Technikpolitik“ Rechnung.

Literatur

- [1] NSF/National Science Foundation, *Societal Implications of Nanoscience and Nanotechnology, NSET Workshop Report*, edited by M.C. Roco, W.S. Bainbridge, Arlington, Virginia, March 2001
- [2] N. Malanowski, *Vorstudie für eine Innovations- und Technikanalyse Nanotechnologie*, VDI-Technologiezentrum, Abteilung Zukünftige Technologien, Düsseldorf 2001
- [3] ESRC/Economic & Social Research Council (ed.), *The Social and Economic Challenges of Nanotechnology*, Swindon, UK 2003
- [4] H. Paschen, C. Coenen, T. Fleischer, R. Grünwald, D. Oertel, C. Revermann, *Nanotechnologie, Forschung, Entwicklung, Anwendung*, Springer Berlin 2004
- [5] *Eine Übersicht der wichtigsten Studien findet sich in* T. Fleischer, M. Decker, U. Fiedeler, *Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis*, 13 (2004) 2, S. 5-9
- [6] A. Grunwald, *Nachrichten* 36 (2004), 189-192
- [7] M. Decker, U. Fiedeler, T. Fleischer, *Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis*, 13 (2004) 2, S. 10-16
- [8] G. Schmidt, M. Decker, H. Ernst, H. Fuchs, W. Grünwald, A. Grunwald, H. Hofmann, M. Mayor, W. Rathgeber, U. Simon, D. Wyrwa, *Small Dimensions and Material Properties, A Definition of Nanotechnology, Graue Reihe Nr. 35, Europäische Akademie Bad Neuenahr-Ahrweiler GmbH* (2003)
- [9] U. Fiedeler, T. Fleischer, M. Decker, *Nachrichten* 36 (2004), S. 230-234
- [10] T. Fleischer, *Technikgestaltung für mehr Nachhaltigkeit: Nanotechnologie*. In: R. Coenen, A. Grunwald (Hrsg.): *Nachhaltigkeitsprobleme in Deutschland. Analyse und Lösungsstrategien*, edition sigma Berlin 2003, S. 356-373
- [11] A. Grunwald, 2004: *Vision Assessment as a new Element of the FTA Toolbox, EU-US Seminar New Technology Foresight, Forecasting & Assessment Methods, Seville, 13-14 May 2004*