

Nanotechnologie und Nachhaltigkeit

Zwischen grünem Paradies und Nanomonstern

Neue Technologien sind häufig gesellschaftlichen Kontroversen ausgesetzt. Die aktuelle Debatte zu Nanotechnologie wird in Folge kurz skizziert und ein prospektiver Technologiebewertungs- und Gestaltungsansatz vorgestellt. Der Ansatz kann zur Versachlichung der Diskussion über Nanotechnologie und deren Beitrag zur Nachhaltigkeit skizzieren.

Nanotechnologien haben einen prominenten Platz in den FuE Budgets sowohl von Staaten als auch von Unternehmen und stellen gegenwärtig eine zentrale Komponente des internationalen Technologiewettbewerbs dar. Nanotechnologien können dabei als integrierender Ansatz betrachtet werden, der im Grundsatz von der Physik über die Chemie bis zu den biologischen Wissenschaften reicht und deren minimale gemeinsame Definition darin besteht, dass zum einen zumindest eine Dimension im Nanobereich liegt und zum anderen eine neue Funktionalität aufweist. Zudem werden Nanotechnologien in der Regel als *enabling technologies* charakterisiert, was heißt, dass sie insbesondere herkömmliche Produktionsverfahren grundsätzlich verändern könnten. Damit hätten Nanotechnologien letztlich Auswirkungen auf alle Industriezweige.

► Extreme Bewertungen

Die weitreichenden und als potentiell machbar angesehenen Möglichkeiten der Nanotechnologien finden ihren Widerhall in zum Teil extremen Bewertungen. Auf der einen Seite stehen Hoffungen auf die Überwindung jeglicher Umweltbelastungen, auf der anderen Seite Bedenken gegenüber der Unbeherrschbarkeit der Nanotechnologie, insbesondere mit Blick auf langfristige Entwicklungspotenziale (1). Mit diesen typisierten Diskussionssträngen sind letztlich auch gesellschaftliche Kontroversen über die Entwicklungsrichtungen verbunden. Die Kontroverse betrifft dabei sowohl die ökologischen und ökonomischen, aber auch die sozialen Konsequenzen nanotechnologischer Entwicklungen und Visionen (2). Um der Komplexität dieser Aufgabenstellung gerecht zu werden, wird im Projekt ein dreistufiger Ansatz zur prospektiven Technologiebewertung und -gestaltung von Nanotechnologie verfolgt.

1. Ansatz – prospektiv: Bewertung der Nanotechnologie und ihrer Wirkungen durch eine Charakterisierung der Technologie.
2. Ansatz – prozessbegleitend: Bewertung von Nachhaltigkeitseffekten an konkreten Anwendungsbeispielen im Vergleich zu bestehenden Produkten und Verfahren.
3. Ansatz – gestaltend: Einsatz von Leitbildern als Steuerungsinstrumente in der Technikge-

staltung, Einbeziehung der kurzfristigen/langfristigen Perspektive.

Der *prospektiv orientierte Ansatz* fokussiert auf die Bewertung der Nanotechnologie und ihrer Wirkungen durch eine Charakterisierung der Technologie (2). Die Nichtwissensproblematik bei neuen Technologieentwicklungen bewusst und konsequent reflektierend, ermöglicht die Technologiecharakterisierung, Gefährdungspotenziale und positive Effekte abzuleiten und aufzuzeigen. Die Nanotechnologie ist in erster Linie durch die Dimension charakterisiert, in der sie sich bewegt. In der Nanowelt bewegen wir uns auf der Ebene einzelner Moleküle und Atome in der Größe eines Millionstel Millimeters. Das besondere an dieser Dimension ist nun, dass Nano-Partikel sich meist völlig anders verhalten als ihre grobkörnigeren Pendanten. So führt zum Beispiel die große spezifische Oberfläche von Nano-Partikeln in der Regel zu einer Steigerung der chemischen Reaktivität beziehungsweise der katalytischen Aktivität. Die relativ geringe Anzahl von Atomen in Nano-Partikeln hebt andererseits den quasi kontinuierlichen Zustand im Festkörper auf und

| Nanoqualitäten und erwartbare positive Effekte sowie problematische Wirkungen | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nanoqualität | + Positive Effekte und Potentiale – Probleme und Gefährdungspotentiale |
| Kleinheit und Mobilität der Partikel | + Gezielte Nutzung für ressourcen-/ökoeffiziente Technik – Lungen- und alveolengängig Durchgang durch Zellmembranen, Blut-Hirn-Schranke, Mobilität, Persistenz und Löslichkeit als Indizien für Bioakkumulation und Umweltgefährdung |
| Definiertheit, Korn-/Schichtgrößen, Reinheit | + Gezielte Nutzung für ressourcen-/ökoeffiziente Technik – Erhöhter Herstellungsaufwand, höhere Stoff- und Energieströme, erhöhter Ressourcenverbrauch |
| Stoffqualität | + Möglicher Ersatz gesundheits- und umweltgefährdender Stoffe – Gesundheits- und Umweltgefährdung durch problematische (seltene) Elemente oder Stoffgruppen im umweltoffenen Einsatz |
| Adhäsion, Kohäsion, Agglomeration | + „Eigensicherheit“ durch Tendenz zur Adhäsion, Kohäsion und Agglomeration von Nano-Partikeln – Verhalten „freigesetzter“ Nano-Partikel oder Nano-Fasern in der Umwelt, mobilisierende und einschleusende Wirkung von Nano-Partikeln auf Toxine oder Schwermetalle (Huckepack) |
| Neue chemische Effekte, verändertes Verhalten | + Nutzung des veränderten Verhaltens für ressourcen-/ökoeffiziente Technik, z.B. Nutzung der katalytischen Wirkung für effizientere chemische Prozesse oder im Umweltbereich – Veränderung bei: Löslichkeit, Reaktivität, Selektivität, katalytische Wirkung, Temperaturabhängigkeit von Phasenübergängen lassen überraschende technische, chemisch-toxische und ökotoxische Effekte erwarten |
| Neue physikalische Effekte, verändertes optisches, elektrisches, magnetisches Verhalten | + Gezielte Nutzung der Effekte bzw. veränderten Eigenschaften für ressourcen-/ökoeffiziente Technik, z.B. GMR-Effekt, Tydell-Effekt, Quanten-Effekte, Tunneleffekt – Meist auf hochreine und hochdefinierte „technische Umgebungen“ angewiesen. Dort sind (bei Nichteinhaltung) Überraschungen erwartbar (technisches Versagen) |
| Selbstorganisation | + Gezielte Nutzung für ressourcen-/ökoeffiziente und konsistente Technik – Gefahr unkontrollierter Entwicklung |

Quelle: verändert nach (2) und (3)

führt zu abweichenden optischen, elektrischen und magnetischen Eigenschaften.

Ausgehend von diesen Grundcharakteristika der Nanotechnologie können in einem nächsten Schritt mögliche positive Effekte und Potenziale sowie mögliche und erwartbare problematische Wirkungen abgeleitet werden (vgl. Tabelle 1).

► Bewertung konkreter Anwendungskontexte

Aufbauend auf dieser Charakterisierung der Nanotechnologie verfolgt der *prozessbegleitende* Bewertungsansatz die Ermittlung von Nachhaltigkeitseffekten an konkreten Anwendungsbeispielen im Vergleich zu bestehenden Produkten und Verfahren, wobei der Fokus auf die ökologischen Chancen und Risiken gerichtet ist.

Hierzu wurden die Anwendungskontexte von Nanotechnologie in einer ersten Recherche gesichtet und qualitativ bewertet. Die folgende Auswahl von konkreten Fallbeispielen erfolgte dann einerseits nach Kriterien wie Art und Umfang der Umweltauswirkungen, Ausmaß an Marktnähe, Innovationsgrad und hatte andererseits zum Ziel, das Spektrum an nanotechnologischen Anwendungen möglichst umfassend abzubilden.

In Fallstudien werden derzeit mögliche Risiko- und Gefährdungspotenziale von offenen Anwendung von Nano-Partikeln am Beispiel Titandioxid sowie Ökoeffizienzpotenziale am Beispiel Nanoinnovationen im Displaybereich, ökoefiziente Nanolacke, nanotechnologische Prozessinnovation der Styrolsynthese, Nanoanwendungen im Lichtbereich vertiefend untersucht. Abschließend werden in Anlehnung an die Ökobilanzmethode jeweils ökologische Profile erstellt.

Technologieentwicklung ist nicht oder doch nur sehr begrenzt durch politische Interventionen steuerbar, vielmehr ergibt sich aus dem Zusammenwirken unterschiedlichster Akteure eine Pfadentwicklung der Technologie die *gestaltend* begleitet werden kann. Die Ausgestaltung dieser Pfade hängt auch von den Leitbildern ab. Leitbilder können eine Steuerungswirkung entfalten und zur Richtungssicherheit der Innovationen beitragen. Gleich hat beispielsweise das eher kurzfristig orientierte Leitbild der „eigensicheren Nanotechnologie“ und das langfristig orientierte „Leitbild Nanobionik“ vorgeschlagen, welche dazu beitragen können, den Suchraum der Innovation in eine „nachhaltigere“ Richtung zu lenken (3).

► Fazit und Ausblick

Im Rahmen des genannten Forschungsvorhabens wird die Reichweite des dreistufigen Bewertungsverfahrens überprüft. Es soll damit ein Beitrag geleistet

werden, die Diskussionen über Nanotechnologie und deren Beitrag zur Nachhaltigkeit zum einen zu versachlichen, indem sowohl auf die Chancen dieser Technologien in Form von Umweltentlastungspotenzialen als auch auf Risiken verwiesen wird.

Absehbar ist, dass durch Nanotechnologie in spezifischen Anwendungsbereichen hohe Ökoeffizienzpotenziale realisiert werden können. Im Displaybereich zeichnen sich die anvisierten nanotechnologischen Anwendungen beispielsweise durch eine Energieeffizienz in der Gebrauchsphase aus, die teilweise um die Faktoren 2-3 höher gegenüber den bisherigen Lösungen ist. Auf der anderen Seite sind viele Fragen zur Toxikologie von Nano-Partikeln noch offen. Zudem wird gegenwärtig das Zusammenwachsen unterschiedlicher Technologiebereiche kontrovers diskutiert. Außerdem sollen die gewonnenen Erkenntnisse dazu dienen, zu einem frühen Zeitpunkt Gestaltungsoptionen und -notwendigkeiten für die weitere Entwicklung von Nanotechnologien aufzuzeigen.

Anmerkungen

(1) vgl. Joy, Bill: Why the future doesn't need us. www.wired.com/wired/archive/8.04/joy_pr.html. 2000; etc group: Communiqué: No Small Matter! Nanotech Particles Penetrate Living Cells and Accumulate in Animal Organs. In: Issue, No. 76, May/ June 2002.

(2) Im Rahmen des vom BMBF geförderten Projekts „Innovations- und Technikanalyse zur Nanotechnologie“ bearbeitet das IÖW in Kooperation mit der Universität Bremen sowie Praxispartnern die Themenstellung „Nachhaltigkeitseffekte durch Herstellung und Anwendung nanotechnologischer Produkte“. Für Zwischenergebnisse siehe: Steinfeldt, M. (Hg.): Mit Nanotechnologie zur Nachhaltigkeit? Prospektive Technologiebewertung einer zukünftigen Schlüsseltechnologie. Schriftenreihe des IÖW, 166/03, Berlin 2003.

(3) Eine ausführliche Beschreibung des Bewertungsansatzes ist zu finden bei: Gleich, A. v.: Mit Nanotechnologie zur Nachhaltigkeit? „Charakterisierung der Technologie“ und „leitbildorientierte Gestaltung“ als Auswege aus dem Prognosedilemma der Technikbewertung. In: Bösch, S. (Hg.): Über die Anerkennung von und den Umgang mit Nicht-Wissen. Berlin im Erscheinen.

Anzeige

Der Autor

Michael Steinfeldt ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im Forschungsfeld Ökologische Unternehmenspolitik am Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW).

Kontakt: IÖW, Potsdamer Str. 105, 10785 Berlin. Tel. 030-8845940, E-Mail: ichael.steinfeldt@ioew.de

(c) 2010 Authors; licensee IÖW and oekom verlag. This is an article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial No Derivates License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.