

**Chancen der Nanotechnologien
nutzen!**

**Risiken rechtzeitig erkennen und
vermeiden!**

Positionspapier des Öko-Instituts e.V.

Freiburg/ Darmstadt, Juni 2007

**Andreas Hermann
Martin Möller
Dr. Christoph Pistner
Michael Sailer
Dr. Wolfgang Brühl
Katja Moch**

Öko-Institut e.V.
Geschäftsstelle Freiburg
Postfach 50 02 40
D-79028 Freiburg
Tel.: +49-(0)7 61-4 52 95-0
Fax: +49-(0)7 61-4 52 95-88

Büro Darmstadt
Rheinstraße 95
D-64295 Darmstadt
Tel.: +49-(0)61 51-81 91-0
Fax: +49-(0)61 51-81 91-33

Büro Berlin
Novalisstraße 10
D-10115 Berlin
Tel.: +49-(0)30-28 04 86-80
Fax: +49-(0)30-28 04 86-88

Chancen der Nanotechnologien nutzen! Risiken rechtzeitig erkennen und vermeiden!

Positionspapier des Öko-Instituts e.V.

Nanotechnologie gilt als eine der wichtigsten **Schlüsseltechnologien** des 21. Jahrhunderts. Als so genannte „**Enabling Technology**“ greift sie bereits sehr frühzeitig in die Wertschöpfungskette ein. Ziel dieser Technologie ist es, definierte Strukturen im Nanomaßstab, d.h. unterhalb von 100 Nanometer zu erzeugen. Die Bandbreite der dabei erzeugten Strukturen reicht von anorganischen Nanopartikeln (z.B. Siliziumdioxid, Titandioxid) über organische Nanomaterialien (z.B. Micellen und Liposome) bis hin zu speziellen molekularen Strukturen wie Nano-Kohlenstoffröhrchen und Fullerenen. Durch den Einsatz dieser Nanomaterialien können v.a. bei Werkstoffen, Zwischenprodukten und Komponenten völlig neue Funktionalitäten und Eigenschaften generiert werden, die so in der Makrowelt nicht realisierbar wären und die damit gezielt die Entwicklung neuer Produkte und Anwendungen ermöglichen. Weiterhin kommt der Nanotechnologie eine Bedeutung als **Querschnittstechnologie** zu, die bereits zu Neuentwicklungen in zahlreichen Branchen geführt hat, allen voran in der Chemie, im Automobilbau sowie in der Informations- und Kommunikationstechnik. Aufgrund dieser sektoralen Diversifizierung und der Inhomogenität bei den zu erwartenden Anwendungen wird im Folgenden auch von Nanotechnologien im Plural gesprochen.

Aus technisch-naturwissenschaftlicher Sicht stellen Nanomaterialien **keine homogene Stoffgruppe** dar. Es handelt es sich dabei um physikalisch und strukturell sehr unterschiedliche Stoffe. Auch ihre chemische Zusammensetzung und ihr Potenzial für chemische und biochemische Reaktionen ist sehr unterschiedlich. Deswegen müssen die für einen konkreten Nanostoff in einer konkreten Anwendung spezifischen Sachverhalte der Diskussion über Chancen und Risiken zu Grunde gelegt werden; eine undifferenzierte Übertragung von Erkenntnissen über ein Nanomaterial auf ein anderes widerspricht einer fundierten naturwissenschaftlichen Vorgehensweise.

Ausgelöst durch Innovationen in der Wirtschaft und umfangreiche staatliche Förderungen wurden in den letzten Jahren zahlreiche Nanomaterialien entwickelt, so dass mit Nanoprodukten inzwischen schätzungsweise 50 bis 100 Mio. € auf dem Weltmarkt umgesetzt werden. Prominente Beispiele sind kratzfeste Autolacke, antibakterielle Textilien und transparente Sonnencremes. Kurz- bis mittelfristig kann außerdem mit Neuentwicklungen u.a. in den Sektoren Energietechnik, Lebensmittel und Medizin gerechnet werden. Innovationen bei der Photovoltaik- und Brennstoffzellentechnologie sowie der Krebstherapie sind hier wichtige Beispiele, die mit unmittelbaren Chancen für die Umwelt bzw. die menschliche Gesundheit verbunden sind.

Allerdings können bestimmte Nanomaterialien neben Chancen auch Risiken bergen. So können nanoskalige Substanzen toxikologische Risiken für die menschliche Gesundheit und die Umwelt hervorrufen, z.B. weil sie wegen ihrer großen spezifischen Oberfläche eine besonders hohe Reaktivität besitzen können. Darüber hinaus bestehen aufgrund der gegenwärtigen Lücken in der Risikoforschung auch Risiken für die Unternehmen, die sich mit der Entwicklung und Produktion von Nanoprodukten beschäftigen.

In der folgenden Tabelle werden beispielhaft wesentliche Chancen und Risiken der Nanotechnologien für den Umweltschutz, für die menschliche Gesundheit und für die beteiligten Unternehmen genannt.

Tabelle Beispiele für Chancen und Risiken der Nanotechnologien für den Umweltschutz, die menschliche Gesundheit und die Unternehmen

Beispiele für Chancen	Beispiele für Risiken
<u>für den Umweltschutz</u>	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Innovationen im Bereich Energietechnik (z.B. Photovoltaik, Speichermedien, Brennstoffzellen) ▪ effizientere Prozessgestaltung und dadurch Einsparung von Stoff- und Energieströmen entlang des gesamten Lebenszyklusses 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mobilisierung von Schadstoffen nach der Freisetzung von Nanomaterialien in die Umwelt ▪ Unsicherheit über das Langfristverhalten in der Umwelt (z.B. Anreicherung in der Nahrungskette, Beeinträchtigung des ökologischen Gleichgewichts)
<u>für die menschliche Gesundheit</u>	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ gezieltere Medikamentenapplikation und dadurch geringere Nebenwirkungen ▪ neue Therapiemethoden für bislang unheilbare Krankheiten 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Exposition der Arbeitnehmer bei industriellen Prozessen ▪ Gefährdung der Verbraucher/-innen durch unzureichend geprüfte Produkte
<u>für die Unternehmen</u>	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kosteneinsparung durch effizientere Prozessgestaltung ▪ Erschließung neuer Märkte und Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Wandel des bislang positiven öffentlichen Meinungsbildes bei Negativschlagzeilen ▪ keine Versicherbarkeit der Risiken

In der zunehmend kontrovers geführten Diskussion über Chancen und Risiken der Nanotechnologien baut die Expertise des Öko-Instituts auf den umfangreichen Erfahrungen auf, die durch jahrzehntelange Befassung mit risikobehafteten Stoffen und Technologien gewonnen wurden. Mit Ökobilanzen und Stoffstromanalysen, der Bewertung und Entwicklung von rechtlichen Steuerungsinstrumenten und der diskursiven Begleitung von Technologien verfügt das Öko-Institut über eine breite Palette von methodischen Werkzeugen. Die interdisziplinären Erfahrungen zeigen, dass eine frühzeitige, entwicklungsbegleitende Erforschung der Chancen und Risiken, sowie deren transparente Bewertung, Kommunikation und vorsorgeorientierte Steuerung wesentliche Faktoren für den Erfolg und die Akzeptanz einer Technologie sind. Grundlage für Analysen und Empfehlungen bildet ein **Leitbild**, welches Umweltentlastung und -verträglichkeit, Gesundheitsschutz und -förderung, ökonomische Chancen sowie sozial-kulturelle Kompatibilität ganzheitlich berücksichtigt.

Vor diesem Hintergrund empfiehlt das Öko-Institut eine **differenzierte Beurteilung** der zahlreichen Innovationen und Technologieansätze, die unter dem Begriff der Nanotechnologien zusammengefasst werden. Die Herausforderung besteht darin, fallspezifisch eine ange-

messene Balance zwischen Chancen und Risiken herzustellen. Dabei handelt es sich um eine Aufgabe, bei der Hersteller, Gesetzgeber, Wissenschaft und Verbraucher/-innen gefordert sind.

Balance zwischen Chancen und Risiken

Die **Chancen** nanotechnologischer Produkte für den Umweltschutz, für die menschliche Gesundheit und für die Unternehmen müssen identifiziert, konkretisiert und bewertet werden. Dabei sollte die Analyse nicht auf die Betrachtung des Produktionsprozesses beschränkt bleiben, sondern unter Verwendung eines Lebenszyklus-Ansatzes auch relevante Aspekte bei der Rohstoffbereitstellung, der Nutzung der nanotechnologischen Produkte und deren Entsorgung berücksichtigen. Außerdem empfiehlt es sich, auch mögliche Auswirkungen auf andere Produkte bzw. Produktsysteme zu betrachten. Ausgehend von dieser Bewertung müssen Strategien entwickelt werden, wie die Chancen optimal ausgeschöpft werden können.

Bislang ist über die **Risiken** nanotechnologischer Anwendungen für die Umwelt, die Gesundheit oder die herstellenden Unternehmen nur sehr wenig konkret bekannt. Nach den bislang nur in geringem Umfang vorliegenden Toxizitätsstudien gelten freie Nanopartikel, Fullereene und Kohlenstoff-Nanoröhrchen gesundheitlich als besonders bedenklich. Andererseits wird ein geringeres Besorgnispotenzial bei Nanomaterialien vermutet, die fest in eine Produktmatrix eingebunden sind oder zu unbedenklichen Substanzen abgebaut werden können. Weitestgehend unbekannt sind die Risiken am Ende des Lebensweges von Nanoprodukten (z.B. Verhalten der Nanomaterialien in der Kläranlage, bei der Müllverbrennung oder bei Recyclingprozessen). Die möglichen Risiken der unterschiedlichen Nanomaterialien müssen deshalb fallbezogen, entwicklungsbegleitend sowie entlang des gesamten Lebensweges des Produktes abgeschätzt, bewertet und minimiert werden („**Design for Safety**“). Die staatliche und private Risikoforschung hierzu muss mit deutlich stärkerem Aufwand betrieben werden. Eine Prioritätensetzung bei diesen Forschungsaktivitäten entsprechend des jeweiligen Besorgnispotenzials ist empfehlenswert.

Die **Abwägung der Chancen und Risiken** nanotechnologischer Anwendungen muss in einem transparenten Prozess fallbezogen und entwicklungsbegleitend erfolgen. Das Abwägungsergebnis zwischen den Chancen und Risiken einer Anwendung muss gegenüber den Verbraucher/-innen adäquat kommuniziert und bei der Anpassung des regulatorischen Rahmens berücksichtigt werden.

Für Produkte, bei denen eine Exposition der Verbraucher/-innen mit freien Nanopartikeln nicht auszuschließen ist (z.B. in Lebensmitteln, Kosmetika, Reinigungs- und Pflegemittel) sollten die Verbraucher/-innen bei ihrer Kaufentscheidung eine **Wahlfreiheit** zwischen Produkten mit und ohne Nanomaterialien haben. Eine Kennzeichnungspflicht kann hier die Transparenz deutlich verbessern, setzt jedoch zuvor eine internationale Standardisierung der Definition von Nanomaterialien sowie der Nachweis- und Messverfahren voraus.

Zur Beobachtung bekannter oder Ermittlung bislang unerkannter Risiken müssen toxikologische und ökotoxikologische **Monitoringprogramme** durch Unternehmen und / oder staatliche Institutionen durchgeführt werden. Ziel dieser Maßnahmen sollte die Etablierung eines **Frühwarnsystems** sein, mit dessen Hilfe Risikoschwerpunkte rechtzeitig erkannt

werden können. Dazu ist insbesondere die ökotoxikologische Risikoforschung voranzutreiben, da durch Nanomaterialien verursachte negative Veränderungen in der Umwelt als Indikator für etwaige Risiken für den Menschen dienen können.

Bei der Anwendung nanotechnologischer Anwendungen mit besonderen Risiken ist ein öffentlicher **Risikodialog** notwendig, um die Bedürfnisse der Bürgerinnen und Bürger in Hinblick auf die Risikoregulierung zu erörtern sowie das hierzu erforderliche Risikomanagement zu entwickeln.

Konkretisierung und Anpassung des regulatorischen Rahmens

Aufgrund der zahlreichen noch unerforschten Wirkungen und Risiken ist es unerlässlich, für die weitere Erforschung, Produktion, Verwendung der Nanotechnologien verbindliche **Leitplanken** festzulegen. Diese müssen sich dann auch in einer Konkretisierung bzw. Anpassung des regulatorischen Rahmens niederschlagen.

Ziel des Regulierungsprozesses muss es sein, die Ermittlung hinreichender Kenntnisse über mögliche Risiken sowie die Beherrschung tatsächlich vorhandener Risiken zu ermöglichen, ohne dabei die Freiräume zur Entwicklung der Nanotechnologien mehr als nötig einzuschränken. Das Abwägungsergebnis hinsichtlich Chancen und Risiken einzelner nanotechnologischer Anwendungen muss bei der Regulierungsnotwendigkeit und den -optionen berücksichtigt werden.

Ein unspezifisches **Moratorium** für die Verwendung von Nanomaterialien ist derzeit abzulehnen, da es die Entwicklung der Nanotechnologien und damit auch die Realisierung möglicher Chancen pauschal unterbindet.

Bei der Herstellung und dem Inverkehrbringen von nanoskaligen Stoffen spielt aufgrund der neuen Dimension dieser Technologien und des damit verbundenen hohen Grads an Unwissen das **Vorsorgeprinzip** eine wichtige Rolle. Dazu sollte im Einzelfall (d.h. für einen bestimmten Stoff in einer spezifischen Anwendung) nach dem Vorliegen eines Besorgnispotenzials unterschieden werden:

- Die Verwendung von Nanomaterialien, die nach spezifischer (öko-) toxikologischer Prüfung kein Besorgnispotenzial aufweisen bzw. bei denen keine Hinweise für Umwelt- oder Gesundheitsschäden vorliegen, sollte im Rahmen des bestehenden Regelwerks möglich sein.
- Für Nanomaterialien, die ein Besorgnispotenzial haben, sollten Schutz- und Minimierungsmaßnahmen, insbesondere hinsichtlich ihrer Freisetzung in die Umwelt ergriffen werden. Die Zulassung der Herstellung und des Inverkehrbringens sollte in Abhängigkeit von der Abwägung des sozio-ökonomischen Nutzens und der Risiken erfolgen. Ein begleitendes Monitoring ist vorzusehen.
- Bei Nanomaterialien, die ein erhebliches Besorgnispotenzial aufweisen oder bei denen Hinweise für schädigende Eigenschaften vorliegen, sollte die Herstellung und Verwendung nur zugelassen werden, wenn der Hersteller wirksame Risikomanagementmaßnahmen implementieren kann, die insbesondere eine Freisetzung in die Umwelt vermeiden, und alternative, weniger risikobehaftete Technologien nicht zur Verfügung stehen. Ein begleitendes Monitoring ist obligatorisch.

In allen drei Fällen ist von den nanospezifischen, nicht jedoch von den makroskopischen Stoffeigenschaften allein auszugehen.

Zur Ermittlung und Bewertung der möglichen Risiken von Nanomaterialien ist das bestehende europäische bzw. nationale Regelwerk, insbesondere die ab Juli 2007 in Deutschland geltende **REACH-Verordnung** anzupassen. So ist die Erfassung von Stoffen ab einer bestimmten Mengenschwelle nach REACH auf niedrigtonnagige Nanomaterialien nicht übertragbar und die Test- und Monitoringmethoden unter REACH sind nicht nanospezifisch angepasst.

Bis zur nanospezifischen Konkretisierung von REACH sind Übergangslösungen zur Stoffbewertung von Nanomaterialien zu schaffen, z.B. durch **Mitteilungspflichten** der Inverkehrbringer und der weiterverarbeitenden Unternehmen über Stoffeigenschaften und Anwendungsfelder von nanoskaligen Stoffen an nationale Behörden.

Aus Gründen der Wirksamkeit und der internationalen Wettbewerbsfähigkeit müssen **europäische bzw. internationale Regelungen** angestrebt werden. Diese sind grundsätzlich sinnvoller als nationale Einzelregelungen.

Fazit

Die Nanotechnologien bieten für zahlreiche Anwendungsfelder vielversprechende Zukunftsperspektiven aus Umweltschutzgesichtspunkten sowie für die menschliche Gesundheit. Allerdings befindet sich derzeit in vielen Anwendungsfeldern der Entwicklungsprozess erst am Anfang. Das Innovationspotenzial und der Zusatznutzen bereits verfügbarer Nanoprodukte ist daher oftmals noch fraglich bzw. eher als gering einzustufen.

Bei der Weiterentwicklung der Nanotechnologien wird es deshalb darauf ankommen, ausgehend von dem Leitbild einer nachhaltigen Entwicklung die Chancen nanotechnologischer Produkte in Hinblick auf ihr systemisches Innovationspotenzial weiter zu konkretisieren und anschließend konsequent zu nutzen. Parallel dazu müssen in einem entwicklungsbegleitenden Prozess bestehende und vermutete Risiken identifiziert und minimiert werden. Aufgrund der Inhomogenität der technologischen Ansätze ist dazu eine strikt fallspezifische Analyse der einzelnen Stoffe in ihren jeweiligen Anwendungen erforderlich. Dabei muss sich die Untersuchung auf alle Stufen des Produktlebenszyklusses erstrecken. Außerdem erfordert eine fundierte Beurteilung stets eine integrierte Bewertung der Chancen und Risiken.

Das Ergebnis dieses Abwägungsprozesses ist ein wichtiger Bestandteil der Risikoregulierung. Durch eine Konkretisierung und Anpassung des Rechtsrahmens müssen adäquate Leitplanken für die weitere Erforschung, Produktion und Anwendung der Nanotechnologien geschaffen werden. Die Akzeptanz und das Vertrauen bei den Verbraucherinnen und Verbrauchern wird von der Transparenz beim Prozess der Risikoregulierung – einschließlich der Kommunikation der Grenzen einer Risikobewertung – sowie vom zu erwartenden Nutzen des Produkts abhängen. Wichtig ist dabei insbesondere die Möglichkeit zur Partizipation im Rahmen öffentlicher Risikodialoge sowie die Wahlfreiheit der Verbraucherinnen und Verbraucher durch eine geeignete Produktkennzeichnung.