

Bund für  
Umwelt und  
Naturschutz  
Deutschland



# Löst Nanotechnologie unsere Umweltprobleme?

Eine kritische Betrachtung  
der Chancen und Risiken



Die Nanotechnologie umfasst verschiedene Forschungsgebiete, bei denen es um die Manipulation von Stoffen auf atomarer oder molekularer Ebene geht. Materialien, die nanotechnologisch hergestellt werden, finden in immer mehr Bereichen des Alltagslebens Verwendung, zum Beispiel in Kosmetika, Textilfasern, Sportausrüstungen, Farben, Verpackungsmaterialien und Lebensmitteln. Befürworter preisen die Nanotechnologie als Teil einer grünen, nachhaltigeren Zukunft und wollen ihre Einsatzgebiete daher ausweiten. Kann die Nanotechnologie diese Erwartungen erfüllen oder sind mit ihr neue Risiken für Mensch und Umwelt verknüpft? Welche Umweltbilanz weisen nanotechnologische Anwendungen wirklich auf? Oder verhindert der Glaube an technische Innovationen eher ein notwendiges gesellschaftliches Umdenken?

# Herausforderungen und Möglichkeiten der „grünen Nanotechnologie“

**D**ie zunehmende Erschöpfung der natürlichen Ressourcen, die Zerstörung ganzer Lebensräume, der Klimawandel und die wachsende Ungleichheit zwischen Arm und Reich können zu Hungerkatastrophen, Kriegen und weitreichenden ökologischen Schäden führen. Das Modell ständig wachsender Produktions- und Konsumraten, auf dem die westlichen Volkswirtschaften basieren, stößt zusehends an seine Grenzen. Die ersten Folgen sind bereits heute erkennbar: Arme Menschen müssen einen steigenden Anteil ihres Einkommens für Energie, Heizung und Grundnahrungsmittel wie Reis oder Mais aufwenden, extreme Wetterereignisse wie Dürren oder Überschwemmungen treten häufiger und stärker auf, giftige Industriechemikalien belasten die Biosphäre, selbst in den entlegenen Regionen der Welt und vielerorts nimmt die Artenvielfalt rapide ab.

In dieser Situation ist die Hoffnung groß, durch neue technologische Entwicklungen zu einer Wirtschaftsweise zu finden, die es der Menschheit erlaubt, diese gewaltigen Herausforderungen zu überwinden. Besonders hoch gehandelt wird dabei die Nanotechnologie, also die gezielte Herstellung und Anwendung von Materialien und Strukturen in einer Größenordnung von maximal einigen Hundert Nanometern. Nanomaterialien weisen häufig völlig andere physikalische und chemische Eigenschaften auf, als wir es von den gleichen Stoffen in größerer Form gewohnt sind. Dadurch werden unzählige neue industrielle Anwendungen möglich. Die Nanotechnologie gilt daher vielen nicht nur als die nächste „industrielle Revolution“, sondern auch als technische Lösung für viele der Probleme, vor denen wir heute stehen:

Nanotechnologie soll durch neue Filtrationstechniken und Möglichkeiten der Dekontamination von verunreinigtem **Wasser** dabei helfen, Milliarden von Menschen mit sauberem Wasser zu versorgen,

4

Nanotechnologie soll viele Effizienzprobleme lösen, die bisher die Erzeugung erneuerbarer **Energie** in großem Stil behindern (insbesondere im Bereich der Fotovoltaik, der Erzeugung von Elektrizität aus Sonnenlicht),

8

Nanotechnologie soll eine Reihe neuer kosteneffektiver und innovativer Methoden zur Umweltsanierung und zur Beseitigung von **Abfall** bieten, und

11

die mithilfe der Nanotechnologie erzeugten Materialien sollen ressourceneffizienter sein (z. B. leichtere und widerstandsfähigere Materialien bei gleichzeitig geringerem Verbrauch an Material und Energie in der Produktion), wodurch nachhaltigere Formen von Produktion und **Konsum** ermöglicht werden sollen.

13

Mit der vorliegenden Broschüre will der BUND einen Einstieg in die Diskussion der Versprechen und Möglichkeiten der Nanotechnologie in den oben erwähnten Bereichen bieten.

# Löst Nanotechnologie die Wasserkrise?

Fast zwei Milliarden Menschen leben in wasserarmen Gebieten. Umweltverschmutzung, Klimawandel und anhaltendes Bevölkerungswachstum erschweren den Menschen zunehmend den Zugang zu sauberem Wasser und angemessenen sanitären Einrichtungen. Die Konsequenzen daraus sind für viele tödlich.



Nutzenversprechen?	Sehr hoch
Technisch machbar?	Realistisch, aber häufig erst in Pilot- oder Feldstudienphase
Technische Komplexität?	Sehr hoch
Tatsächliche Vorteile?	Ja, genauso gut oder besser als existierende Technologie
Umwelt-, Gesundheits- und Sicherheitsprobleme?	Größtenteils unbekannt; Kohlenstoffnanoröhrchen lösen bei Labortieren ähnliche Gesundheitsprobleme wie Asbest aus
Kommerzielle Verfügbarkeit?	abhängig von Produktionserhöhung in absehbarer Zeit, viele Produkte erst im Feldtest
Billiger als konventionelle Lösungen?	Manche (Kohlenstoffnanoröhrchen) vermutlich kostengünstiger, andere ähnlich teuer wie konventionelle Produkte <sup>1</sup>
Positive Auswirkungen auf die Allgemeinheit?	Potenziell ja, aber Wasserknappheit nur teilweise ein technisches Problem; gesellschaftliche und politische Dimensionen (lokale Produktion, Kontrolle) mindestens ebenso dringlich

**D**er Zugang zu frischem Wasser ist auch in Europa ein Problem. Die Dürren der letzten Jahre von Südeuropa bis England haben europäische Staats- und Regierungschefs dazu gebracht, sich Sorgen über eine mögliche chronische Wasserknappheit zu machen. Große Teile des europäischen Grundwassers, aus dem 65 Prozent des Trinkwassers gewonnen werden, sind verunreinigt. Die Förderung und Nutzung dieser Reserven durch bis zu 60 Prozent der europäischen Städte führt außerdem zu einer Gefährdung der umliegenden Feuchtbiotope. Schließlich schmelzen auch die europäischen Gletscher: neun von zehn Gletschern befinden sich im Rückzug. Die Hauptwasserquellen für die Flüsse Rhein, Rhône, Donau und Po – die Gletscher in den Alpen – schmelzen doppelt so schnell wie andere Gletscher der Erde. Gletscher sind die Trinkwasserquelle für fast die Hälfte der Menschheit, sich zurückziehende Gletscher stellen daher eine große Bedrohung für die Trinkwasserversorgung weltweit dar.<sup>2</sup>

### Sauberes Wasser für alle?

- Zwei Fünftel der Weltbevölkerung verfügen über keinen Zugang zu angemessenen sanitären Einrichtungen.
- Verunreinigtes Wasser steht in Verbindung mit 80 Prozent aller Krankheiten weltweit.
- Die Hälfte aller Krankenhausbetten weltweit belegen Menschen, die an Krankheiten leiden, die durch verunreinigtes Wasser hervorgerufen wurden.<sup>3</sup>

### Grenzen konventioneller Filtrations- und Entgiftungstechnologien

Es existieren unterschiedliche Techniken der Wasserbehandlung, wobei einige von ihnen bereits seit Tausenden von Jahren bekannt sind. Genutzt werden zum Beispiel Filter (Keramik, Aktivkohle, granulare Medien, Fasern und Textilgewebe), die Entsalzung (Umkehrosmose, Destillation, adsorbierende

Filtermedien) sowie chemische oder radioaktive Behandlungen.<sup>4</sup> Viele dieser Methoden sind insbesondere in den ärmeren Regionen sehr effizient, aber während die Gemeinschaft in deren Anwendung klare Vorteile sieht, kritisieren Experten die Abhängigkeit, die sich daraus für die Menschen ergeben kann. Dieses kann z.B. dann der Fall sein, wenn Bauteile aus hoch entwickelten Ländern zu beziehen und regelmäßig zu ersetzen sind, oder die Finanzierung und Verbreitung dieser Anwendungen nur mit Unterstützung durch Entwicklungshilfeorganisationen möglich ist.

### Patentrezept für sauberes Wasser?

Ist die Nanotechnologie der Schlüssel zur Lösung der zunehmenden Knappheit von sauberem Trinkwasser, wie oft behauptet wird?<sup>5</sup> Manche Befürworter dieser Technologie haben sogar die Hoffnung geäußert, die Nanotechnologie könne dabei helfen, das UN-Millenniumsziel (UN Millennium Development Goal) zu erreichen, die Zahl der Menschen ohne Zugang zu sauberem Wasser bis 2015 zu halbieren.<sup>6</sup> Kann die Nanotechnologie tatsächlich helfen Schadstoffe aus dem Wasser zu filtern – und dies auf effektive, effiziente, dauerhafte und kostengünstige Weise?

Tatsächlich gibt es mögliche Anwendungen der Nanotechnologie im Bereich der Wasseraufbereitung:

- Wasserfilteranlagen, beispielsweise nanoporöse Filter und Membranmaterialien zur Entfernung von Schadstoffen und zur Verwendung in Entsalzungsanlagen,
- Messgeräte, beispielsweise Sensoren zur Überwachung von Qualität und Quantität von Wasserressourcen und zum Nachweis von Schadstoffen.

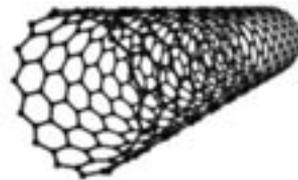
Technologien, die bereits kommerziell verfügbar sind oder sich in der Entwicklung befinden, nutzen Nanomaterialien in Membranen, Geweben, Filtern sowie in Keramiken, Tonen, absorbierenden Filtermedien, Molekularsieben aus Aluminium- und Siliziumoxid (Zeolithe) und Katalysatoren. Membranen aus Kohlenstoffnanoröhrchen (CNT) sind ein Beispiel für eine Anwendung der Nanotechnologie in der Schadstofffilterung. Sie verfügen über eine hohe spezifische Oberfläche, hohe Durchlässigkeit sowie eine gute mechanische und thermische Stabilität. Sie können eine Reihe von Schadstoffen aus dem Wasser entfernen, darunter aufgewühlte Sedimente (Trübung), Bakterien, Viren und organische Schadstoffe, und könnten in ca. fünf bis zehn Jahren in Entsalzungsanlagen zur Anwendung kommen. Noch wichtiger aber ist, dass ihre Leistungsfähigkeit vergleichbar mit der von Osmosemembranen zu sein scheint, sie dabei aber weniger Instandhaltungsmaßnahmen benötigen und 75 Prozent billiger sind.<sup>7</sup>

In der letzten Zeit wurden jedoch ernsthafte Fragen bezüglich der Ähnlichkeit von CNTs, die bei der Produktion dieser Filter verwendet werden, und Asbestfasern aufgeworfen. So lösten einige Formen von CNTs im Tierversuch ähnliche Gesundheitsprobleme wie Asbest aus.<sup>8</sup> Bis jetzt wurden noch keine Tests durchgeführt, um festzustellen, ob sich CNTs während des Gebrauchs aus Wasserfiltern herauslösen und wie sie sich gegebenenfalls in der Umwelt verbreiten oder von Organismen aufgenommen werden. Daher ist zunächst eine genauere Untersuchung der technischen Machbarkeit sowie der Auswirkungen auf die Umwelt und die menschliche Gesundheit und der damit verbundenen Kosten notwendig, bevor eine solche Anwendung als nachhaltig und sicher angesehen werden kann.

Ein weiteres Problem besteht darin, dass die Produktion von CNTs und anderen Nanomate-

#### **Kohlenstoffnanoröhrchen (CNT)**

CNT (engl. carbon nanotubes) sind röhrenförmige Gebilde aus wabenförmig angeordneten Kohlenstoffatomen, die in der Regel einen Durchmesser von einem bis zu 50 Nanometern haben. Sie sind extrem stabil, gleichzeitig aber leicht und leiten Strom und Wärme sehr gut. Sie können verschiedene Strukturen besitzen, etwa ein- oder mehrwandig und offen oder geschlossen sein.



rialien in noch stärkerem Maß als bei vielen konventionellen Technologien hoch entwickelte technische Kapazitäten erfordert. Häufig sind diese momentan nur in spezialisierten Einrichtungen verfügbar, die größtenteils in entwickelten Ländern angesiedelt sind. Die Menschen in Entwicklungsländern, die potentiell am stärksten von diesen Technologien profitieren würden, könnten dadurch zugleich noch stärker abhängig von Technologie-Importen werden und einen Teil der Kontrolle über ihren Zugang zu sauberem Trinkwasser verlieren.

Ein Beispiel für diese verstärkte Abhängigkeit lässt sich an einem Pilotprojekt in Bangladesh darstellen. Hier nutzen 90 Prozent der Bevölkerung, 45.000 Menschen, alte Saris, um Cholera-Bakterien auf einfache, lokale, erschwingliche und wohl erfolgreiche Weise zu 99 Prozent aus dem Wasser zu entfernen. Nun wollen die Organisatoren des Projekts die

Ergebnisse noch weiter verbessern, indem sie die Saris mit auf Nanotechnologie basierten Materialien imprägnieren wollen. Dieses ermöglicht zwar die Filtration von Salzen und anderen löslichen anorganischen oder organischen Substanzen, würde jedoch der lokalen Bevölkerung die Kontrolle über die Herstellung der Saris aus der Hand nehmen. Denn Saris werden erstens lokal produziert (Frauen sammeln hierfür die Seidenraupen), zweitens eignen sich auch alte Saris besser als neue Stoffe für die Entfernung der Bakterien, sodass dies ein idealer Weg dafür ist, die alten Saris weiter zu verwenden. Im Vergleich hierzu würden nanotechnologische Verfahren nicht nur mehr Kosten verursachen, sondern auch die lokale Produktion der Saris verhindern.

Eine ideale technische Lösung wäre daher nicht nur kosteneffizient und verlässlich, sondern würde zugleich auf lokale Materialien und Fertigkeiten zurückgreifen und damit eine lokale Kontrolle und eigenständige Lösung der Probleme durch die Menschen vor Ort ermöglichen.

Bei der Diskussion unterschiedlicher technologischer Ansätze zur Aufbereitung von Wasser wird zudem oft vergessen, dass die Wasserkrise in vielen Fällen vor allem auf ökonomische und politische Wurzeln zurückzuführen ist. In den Worten des zweiten Weltwasserentwicklungsberichts der Vereinten Nationen sind „Missmanagement, Korruption, Mangel an angemessenen Institutionen, bürokratische Trägheit sowie Mangel an Neuinvestitionen sowohl in Humankapazitäten als auch in physische Infrastruktur“ die Hauptgründe für den weltweit mangelnden Zugang zu Wasser.<sup>9</sup> Die Regulierung und der Besitz von Wasserrechten spielen eine zunehmend größere Rolle, ebenso die Frage, wer die Technologien besitzt, um sauberes Wasser bereitstellen zu können.

Zugangsrechte zu Wasserressourcen, Wasserentsalzung und -reinigung sind inzwischen zu einem globalen Industriezweig geworden: Wasseraufbereitungsunternehmen können kleine öffentliche oder private Betriebe sein, einige der privaten Unternehmen sind jedoch Teil großer Konzerne. So hatte die Geschäftseinheit Wassertechnologien von General Electric im Jahr 2007 einen Wert von 1,5 Milliarden US-Dollar. Der Bereich Wasseraufbereitung und -entsalzung von Dow Chemicals war die am schnellsten wachsende Geschäftseinheit des Unternehmens und verdiente im Jahr 2006 fast 500 Millionen Dollar. Siemens ist ebenfalls ein „big player“ in diesem Geschäft und hat einen US-amerikanischen Hersteller von Filtrationstechniken für eine Milliarde Dollar gekauft. Viele dieser Unternehmen haben in großem Umfang in die Erforschung von Anwendungsmöglichkeiten der Nanotechnologie zur Wasseraufbereitung investiert.<sup>10</sup> Obwohl viele wasserbezogene Forschungsprojekte in regierungsfinanzierten Universitäten mit dem hehren Ziel starten, den Armen zu helfen, werden viele davon letztendlich im Interesse privater Profite kommerzialisiert.

Betrachtet man die Ursachen für den Mangel an sauberem Wasser, so wird klar, dass nicht nur technische Innovationen, sondern vor allem auch gesellschaftliche und politische Veränderungen nötig sind, um die Wasserkrise zu bewältigen. Als erste und wichtigste Maßnahme ist eine grundlegende Veränderung im Hinblick darauf nötig, wie wir unsere Wasserressourcen wertschätzen, nutzen und teilen. Das Ziel sollte dabei sein, dass sich alle Menschen das Grundbedürfnis nach Zugang zu sauberem Wasser und hygienischen Lebensbedingungen zu einem bezahlbaren Preis erfüllen können.

# Energierévolution dank Nanotechnologie?

Eine der größten Herausforderungen des 21. Jahrhunderts stellt der Übergang von fossilen Brennstoffen zu nachhaltigen, erneuerbaren Energiequellen dar. Der Klimawandel und das globale Ölfördermaximum (Peak Oil), werden es zwingend nötig machen, neue Lösungen zu finden – zumindest dann, wenn wir einige Elemente unseres Lebensstils beibehalten möchten. Der Nanotechnologie wird hierbei eine wesentliche Rolle bei der Suche nach technischen Lösungen für eine bessere Energieerzeugung, -speicherung und -verteilung zugesprochen.



Produktion erneuerbarer  
Energien mit Hilfe der  
Nanotechnologie

Nutzenversprechen?	Groß
Technisch machbar?	Beginnt realistisch zu werden
Technische Komplexität?	Sehr hoch
Tatsächliche Vorteile?	Ja, aber nicht so groß wie versprochen
Umwelt-, Gesundheits- und Sicherheitsprobleme?	Toxizität für Mensch und Umwelt wurde noch nicht bestimmt
Kommerzielle Verfügbarkeit?	Teilweise, größtenteils noch in der Labor- oder Pilotphase
Billiger als konventionelle Lösungen?	Wahrscheinlich, aber die Preise müssen die Kosten für die Entsorgung berücksichtigen, damit diese nicht auf die Allgemeinheit abgewälzt werden
Positive Auswirkungen auf die Allgemeinheit?	Ja, wenn nachhaltige Herstellung, Nutzung und Entsorgung sichergestellt werden können

### Hindernisse der Nutzung von Solarenergie

Fotovoltaik – die Energieerzeugung aus Sonnenlicht – wird häufig als ein Eckpfeiler zur Lösung unserer Energieprobleme angesehen. Schließlich ist Sonnenlicht kostenlos und praktisch zu 100 Prozent erneuerbar. Zwar hat die Solarbranche in den letzten Jahren ein rasantes Wachstum erlebt, doch der ganz große Durchbruch ist bisher noch ausgeblieben. Dafür sind auch technische Hindernisse mitverantwortlich: Die heutige Solartechnik basiert auf Silikon-Halbleitern, die auf die gleiche Weise wie die Produkte der Mikroelektronik hergestellt werden und dadurch teuer in der Herstellung sind. Zwar sind Solarpaneele aufgrund der größeren Produktionsmengen über die letzten Jahre billiger geworden, wegen der dauerhaft hohen Kosten der Rohmaterialien ist jedoch nicht zu erwarten, dass die heute dominierende, auf Silikon basierende Technologie bedeutend im Preis fallen wird. Zudem erreichen konventionelle Paneele bislang lediglich bescheidene Effizienzwerte: waferbasierte, kristalline Siliziumpaneele erreichen derzeit eine Effizienz von 25 Prozent Energieausbeute, Dünnschichtszellzellen aus amorphem Silizium/Cadmiumtelluriden ungefähr 19 Prozent. Leider sind die aktuellen Herstellungsverfahren potenziell umweltschädlich, da viele giftige Chemikalien eingesetzt werden. Beispielsweise finden im Arbeitsschritt, mithilfe dessen Verunreinigungen aus den Halbleitermaterialien entfernt werden, ätzende Chemikalien wie Salzsäure, Schwefelsäure, Salpetersäure und Fluorwasserstoffe Verwendung. Häufig wird für die Herstellung von Solarpaneelen bei der Verkabelung von elektrischen Schaltkreisen, in lotbeschichteten Kupferstreifen sowie in den Druckpasten Blei verwendet.<sup>11</sup> Die Gifte bleiben übrig, wenn die Solarpaneele das Ende ihrer Nutzungsdauer erreicht haben: in Form von Sickerwasser aus Mülldeponien oder als giftige Verbrennungsrückstände, die von Müllverbrennungsanlagen

in die Luft abgegeben werden, können sie in die Umwelt gelangen, sofern sie nicht beim Recycling wieder gewonnen werden. Da momentan nur wenige der in Solarzellen verbauten Materialien vollständig recycelt werden können und/oder von Natur aus nur in geringem Umfang verfügbar sind, könnte auch die Erschöpfung der Ressourcen zum Problem werden.

### Durchbruch für die Solarenergie?

Nanomaterialien werden zunehmend in Dünnschicht-Solarpaneelen der Spitzenklasse verbaut, um die Kosten zu senken und die Produktionseffizienz zu erhöhen. Andere Techniken setzen auf abgeschiedene Nanokristalle, in Tinte aufgelöste Nanopartikel, Quantenpunkte, Nanodrähte, Silberzellen und sehr stabile Laminatschichten, die in der Lage sind, Solarzellen zu schützen. Einige der spannendsten für die Nanosolartechnik vorhergesagten Anwendungen, wie beispielsweise die Energieerzeugung durch plastikbasierte Farbe, die (unsichtbares) Infrarotlicht verarbeiten kann, liegen noch in weiter Ferne.

Eine der zentralen Herausforderungen ist es, die Effizienz der Solarenergie mithilfe von Nanomaterialien, wie Titandioxid, Silber, Quantenpunkten und Cadmiumtelluriden, die in Dünnschicht-Solarzellen verwendet werden, zu erhöhen. Auch wenn vorhergesagt wird, dass die Effizienz von Solarpaneelen zukünftig mithilfe der Nanotechnologie auf einen Wert von 60 Prozent steigen wird, sind die aktuellen Zahlen weniger beeindruckend. Neuere elektrochemische Farbstoffsolarzellen oder nichtporöse Paneele aus Titandioxid erreichen lediglich eine Effizienz von 10 Prozent, Fulleren-konjugierte Polymerzellen sogar nur 5 Prozent.<sup>12</sup> Tatsächlich scheint keines der aktuell auf dem Markt verfügbaren Nano-Solarprodukte das Versprechen bedeutender Effizienzgewinne zu halten. Beispielsweise produziert

das US-Unternehmen Nanosolar Dünnschichtzellen mit einer Effizienz von bis zu 14 Prozent (zur Erinnerung: konventionelle Paneele liegen bei 25 Prozent) und behauptet, eine kommerzielle Produktion für einen US-Dollar pro Watt zu ermöglichen.<sup>13</sup> Auch wenn ein Vergleich der Kosten pro Watt schwierig ist, liegen europäische Zahlen für „konventionelle“ Solarenergieanlagen bei ungefähr 0,50 Dollar pro Watt.<sup>14</sup> Offensichtlich sind bei der Nano-Solartechnik noch starke Verbesserungen in Bezug auf Kosten und Effizienz vonnöten.

Bis jetzt gibt es noch keine Untersuchungen zur Umweltbilanz von Nano-Solarprodukten, daher ist noch nicht klar, welche Mengen an Energie zunächst für die Herstellung der Anlagen aufgewendet werden müssen, um letztlich „Nano-Solarenergie“ erzeugen zu können. Bekannt ist zudem, dass viele Dünnschicht-Technologien Nanopartikel nutzen, die möglicherweise ernsthafte toxische Probleme mit sich bringen (zum Beispiel Cadmium, Quantenpunkte, Silber und Titandioxid). Die Möglichkeit der Wiederverwertung der in den Solarzellen verbauten Nanopartikel und Nanoschichten ist bisher noch nicht untersucht worden.

Damit Solarzellen auf Basis der Nanotechnologie Teil einer globalen Lösung für Klimawandel und Energiekrise sein können, ist es erforderlich, dass sie wirklich sicher und nachhaltig sind. Gegenwärtig erhalten aber die ungeklärten Fragen bezüglich des gesamten Lebenszyklus von Solarenergieprodukten und der Nutzung neuer und nicht erprobter Nanomaterialien noch nicht die notwendige Aufmerksamkeit.

### Steigerung der Energieeffizienz?

Im Fahr- und Flugzeugbau könnte die Nutzung von Nanomaterialien, die leichter und widerstandsfähiger als konventionelle Materialien sind (wie beispielsweise CNTs), zu einer beeindruckenden Effizienzsteigerung führen: leichtere Fahrzeuge benötigen weniger Energie, um die gleiche Strecke zurückzulegen. Durch die Verwendung von Nanomaterialien zur Katalyse in Fahrzeugmotoren können im Vergleich zu herkömmlichen Verfahren 70 bis 90 Prozent derselben Stoffe in größerer Form eingespart werden. Speicherkapazität, Lebensdauer und die Sicherheit von Batterien sind weitere Bereiche, die von der Anwendung der Nanotechnologie profitieren sollen. So werden zum Beispiel CNTs bereits in Lithium-Ionen-Batterien verwendet, um deren Lebensdauer zu erhöhen.<sup>15</sup>

Verbesserte Effizienzwerte und eine verringerte Materialabnutzung versprechen große Vorteile, allerdings fehlt es auch hier derzeit noch an Untersuchungen zur ökologischen Gesamtbilanz entsprechender Anwendungen der Nanotechnologie.

# Umweltsanierung durch Nanotechnologie?

Die Verschmutzung der Umwelt durch Schadstoffe und Abfälle stellt die Gesellschaft vor gewaltige Herausforderungen. Entsprechend wächst auch der Bedarf nach innovativen Lösungen. Der Nanotechnologie wird hierbei eine führende Rolle zugeschrieben. Die Lösungsansätze reichen von einer Reduktion der produzierten Abfälle und Schadstoffe, über die Entfernung dieser aus der Umwelt bis hin zur Wiederverwertung von Abfällen als wertvolle Ressource.



Umweltsanierung mit Hilfe der Nanotechnologie

Nutzenversprechen?	Hoch
Technisch machbar?	Ja
Technische Komplexität?	Sehr hoch
Tatsächliche Vorteile?	Zum Teil besser als existierende Technologie (wenn die Sicherheit nachgewiesen werden kann)
Umwelt-, Gesundheits- und Sicherheitsprobleme?	Mögliche Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt in der Nutzungsphase sind nicht ausreichend erforscht
Kommerzielle Verfügbarkeit?	Teilweise, größtenteils noch in der Labor- oder Pilotphase
Billiger als konventionelle Lösungen?	Wahrscheinlich
Positive Auswirkungen auf die Allgemeinheit?	Sehr positiv (wenn die Sicherheit nachgewiesen werden kann)

**K**onventionelle Techniken zur Umweltsanierung sind bisher nicht in der Lage, die vielen Probleme bei der Förderung von sauberem Trinkwasser, der Entfernung von Luftschadstoffen und der Sanierung von industriellen Altlasten zu lösen. Bisher werden durch Schadstoffe verseuchte Böden meist durch das Abtragen des Oberbodens und die nachfolgende Lagerung auf einer Mülldeponie „beseitigt“. Diese Methode verschiebt das Problem lediglich von einem Ort zum anderen.

#### **Kleine Helfer für große Probleme?**

Es gibt eine Reihe von Sanierungsmethoden, bei denen Nanotechnologie zum Einsatz kommen kann. So hat die solare Fotokatalyse mithilfe von Nanopartikeln aus Titandioxid gezeigt, dass sie in der Lage ist, Stickstoffoxide und flüchtige organische Verbindungen abzubauen. Deshalb finden diese Partikel in kommerziellen Außenanstrichen und Zement Verwendung, die die photokatalytischen Eigenschaften von Nano-Titandioxid nutzen, um einzelne Bestandteile verschmutzter Luft abzubauen. Auch sollen mit Nano-Titandioxid angereicherte Farben die bislang zum Sauberhalten von Oberflächen genutzten organischen und hoch toxischen Biozide ablösen. Doch auch die Verwendung von Nano-Titandioxid ist nicht unproblematisch: so kann das Nanomaterial aus Gebäudeoberflächen ausgewaschen und im Abwassersystem, Flüssen und Wasserstraßen enden, wo es auf Fische und andere Wasserorganismen toxisch wirkt.<sup>16,17,18</sup> Eine aktuelle Studie lieferte Warnhinweise auf generationsübergreifende Effekte. Hier wurde Nano-Titandioxid von trächtigen Mäusen über die Plazenta auf den Nachwuchs übertragen. Dies führte zu Schädigungen des Nervensystems und des Gehirns sowie zu einer Reduktion der Spermienproduktion bei männlichen Nachkommen.<sup>19</sup>

Die Sanierung verseuchter Böden, wie von früheren Industrie- und Militärstandorten, ist ein dringendes Problem in vielen industrialisierten Ländern. Die Nutzung von elementarem Eisen und Eisenoxid in Nanogröße ist möglicherweise eine kosteneffizientere Lösung als bisherige Verfahren.<sup>20</sup> Obwohl Tests in den USA und Europa vielversprechende Ergebnisse lieferten<sup>21</sup>, gibt es immer noch ungelöste Fragen bezüglich einer Freisetzung der Nanopartikel in Bodenökosystemen. Unklar ist etwa, wie sie auf Bodenorganismen und auf die Grundwasserqualität wirken.

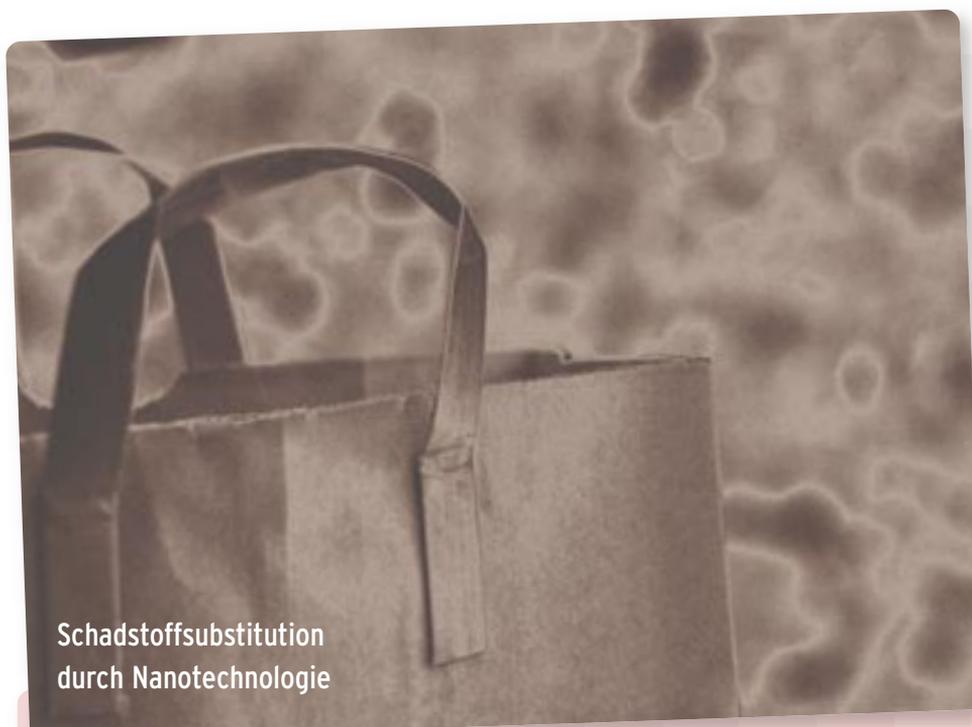
#### **Noch stehen die Lösungen nicht bereit**

Während der Einsatz von Nanotechnologie zur Umweltsanierung in einigen Fällen unter Laborbedingungen demonstriert wurde und einige kommerzielle Produkte diese Ergebnisse bereits nutzen, wurden – wenn überhaupt – nur wenige Anwendungen auf ihre Sicherheit und Effizienz im Feldeinsatz erprobt. Viele der groß angekündigten Lösungen sind über die Phase von Machbarkeitsstudien oder Pilotversuchen noch nicht hinaus gekommen.

Wichtige Schlüsselfragen sollten sein: Wie können wir sicherstellen, dass die Technik effektiv ist und nicht zu neuen Umweltbelastungen durch freigesetzte Nanomaterialien führt? Werden die zur Schadstofffiltration eingesetzten Nanopartikel in die Nahrungskette eintreten, zu Erkrankungen von Pflanzen und/oder Verschlechterungen des Bodens führen und Bodenökosysteme beeinträchtigen? Alle neu vorgeschlagenen Lösungen müssen mit den bereits bestehenden verglichen und Verbesserungen bezüglich der Effizienz und der ökonomischen, sozialen und ökologischen Kosten umfassend unter Beweis gestellt werden.<sup>22</sup> Die beste Option bleibt letztendlich die Vermeidung von Schadstoffen und Abfällen in Produktion und Nutzung.

# Mehr Nachhaltigkeit bei Produktion und Konsum?

Eines der wichtigsten Argumente für die „Grüne Nanotechnologie“ ist das Versprechen einer nachhaltigeren Produktion von Gütern durch die Einsparung von Energie und Ressourcen sowie die Verwendung von weniger giftigen Chemikalien im Verarbeitungsprozess.



## Schadstoffsubstitution durch Nanotechnologie

Nutzenversprechen?	Sehr groß
Technisch machbar?	Bereits in Anwendung
Technische Komplexität?	Sehr hoch
Tatsächliche Vorteile?	Prinzipiell ja, sollten aber durch Betrachtung der Umweltbilanz über den gesamten Lebenszyklus belegt werden
Umwelt-, Gesundheits- und Sicherheitsprobleme?	Bei der Herstellung von Nanoprodukten noch unklar, kaum Erkenntnisse über mögliche Gefahren für Menschen und Ökosysteme im Fall der chemischen Substitution
Kommerzielle Verfügbarkeit?	Teilweise
Billiger als konventionelle Lösungen?	Wahrscheinlich
Positive Auswirkungen auf die Allgemeinheit?	Ja, wenn die Sicherheit nachgewiesen werden kann

**B**is dato sind nur sehr wenige Bewertungen zur Umweltbilanz verfügbar, die die Nachhaltigkeit von konventionellen Materialien und Produkten mit solchen vergleichen, die auf Nanotechnologie basieren. Bereits vorhandene Daten deuten aber an, dass die ökologische Bilanz von Nanoprodukten nicht immer besser ist, als die von vergleichbaren konventionellen Produkten, wenn man den gesamten Lebenszyklus betrachtet.

#### **Reduktion giftiger Stoffe?**

Nanomaterialien werden oft als mögliche Ersatzstoffe für schädliche Chemikalien, wie beispielsweise Schwermetalle oder andere hochtoxische Stoffe, genannt. Diese Möglichkeit besteht ohne Zweifel, insbesondere bei Beschichtungen und Klebern. Beispielsweise beruht die Effizienz konventioneller Antifouling-Farben auf der Wirkungsweise von toxischen Chemikalien. Mithilfe von Nanomaterialien wird dieser chemische Effekt durch einen strukturellen ersetzt, wodurch sich die Organismen nicht mehr so gut am Schiffsrumpf anhaften können. Nanopartikel wie Titandioxid, Siliziumdioxid, Magnesiumoxid oder Zinkoxid können außerdem Flammenschutzmittel auf Basis von Brom ersetzen, die langlebig und biologisch schwer abbaubar sind.

Die Nanotechnologie birgt also prinzipiell die Chance, gefährliche Substanzen durch weniger gefährliche zu ersetzen. Bisher scheinen dadurch aber erst Fortschritte in relativ kleinen Schritten erzielt worden zu sein.<sup>23</sup> Auch ist, aufgrund unzureichender oder fehlender Tests, in manchen Fällen noch unklar, ob die als Ersatz vorgeschlagenen Nanomaterialien tatsächlich wesentlich sicherer sind als die Stoffe die sie verdrängen sollen.

#### **Umweltfreundlichere Produktion?**

Nanomaterialien haben den Ruf, höhere Effizienzwerte bei vielen Produkten zu ermöglichen, da sie oft leichter und widerstandsfähiger als die Materialien sind, die sie ersetzen. Die Produktion von Nanomaterialien kann aber unerwartet große Auswirkungen auf die Umwelt haben. Sie benötigt häufig hoch spezialisierte Produktionsumgebungen, viel Energie und Wasser sowie giftige Chemikalien, wie das Lösungsmittel Benzol.<sup>24, 25</sup> Zudem entstehen große Mengen Abfall und Treibhausgase.

Eine der ersten Studien zur Umweltbilanz von Nanomaterialien hat sich mit Kohlenstoffnanoröhrchen (CNT) auseinander gesetzt. Nach dieser Untersuchung könnte ihre Produktion sogar zur globalen Erwärmung und zur Zerstörung der Ozonschicht beitragen. Energiebedarf und Treibhauspotential pro Gewichtseinheit können danach bis zu fünfzig Mal höher liegen als bei konventionellen Materialien wie Aluminium, Stahl und Polypropylen.<sup>26</sup> Es besteht durchaus die Möglichkeit, dass die beim Endprodukt auftretenden Verbesserungen in Bezug auf die Umwelt durch die bei der Produktion anfallenden Umweltkosten übertroffen werden.

# Die Rolle der Nanotechnologie für eine nachhaltige Zukunft

**S**eit der industriellen Revolution hat sich unsere Gesellschaft darauf konzentriert, ökonomisches Wachstum zu schaffen. Dieses Wachstum wurde einerseits durch neue Technologien ermöglicht, andererseits aber auch durch die beispiellose Erhöhung des Verbrauchs begrenzter, nicht erneuerbarer Ressourcen, durch die großflächige Transformation von Ökosystemen zu Kulturland sowie durch die Nutzung der Umwelt als Senke für Rückstände von Produktion und Konsum. Technologische Innovationen stehen als Fortschrittmotor im Zentrum der Wachstumsförderung und werden zum Anbieter von Lösungen für die Probleme der Menschheit erhoben.

## Kann die Nanotechnologie ihre Versprechen halten?

Auch die Nanotechnologie wird als Lösungsansatz für eine Vielzahl drängender Umweltprobleme gesehen. Bei näherer Betrachtung konnten bislang jedoch die wenigsten dieser Versprechungen eingehalten werden. Ob es um Wasseraufbereitung, die Sanierung von Altlasten oder preiswerten Solarstrom geht: in vielen Fällen sind die angekündigten nanotechnologischen Lösungsansätze erst in der Pilotphase oder werden gerade erst im Feld erprobt. Ein kommerzieller Einsatz auf weltweiter Ebene könnte in vielen Fällen allenfalls in etwa fünf bis zehn Jahren möglich sein. In einigen Fällen könnten die in Entwicklung befindlichen nanotechnologischen Produkte tatsächlich zu einer Umweltentlastung führen, in anderen erscheint dies fraglich, wenn man ihren gesamten Lebenszyklus betrachtet. Die Frage lautet also: Welche Rolle können technische Innovationen und insbesondere die Nanotechnologie auf dem Weg in eine nachhaltige Zukunft spielen?

## Grüne Nanotechnologie

„Grüne Chemie“ und „Grüne Technologie“ versuchen mit einer Kombination von Entwicklungs- und Verarbeitungsprinzipien zu einer nachhaltigeren Produktion beizutragen, beispielsweise indem sie gefährliche Inhaltsstoffe möglichst vermeiden, bei niedrigen Temperaturen produzieren und dadurch Energie sparen. Außerdem spielt die Nutzung von erneuerbaren Energiequellen und die Berücksichtigung der Umweltbilanz über den gesamten Lebenszyklus eine wichtige Rolle bei der Entwicklung und Gestaltung von Materialien und Produkten. Im gleichen Maße versucht die „Grüne Nanotechnologie“ diese Ideen und Ziele nicht nur zu verfolgen, um Nanoprodukte bereitzustellen, die Lösungen für Umweltprobleme bieten, sondern diese Nanomaterialien und -produkte auch in einer Art und Weise herzustellen, die übermäßige Auswirkungen auf die Umwelt oder die menschliche Gesundheit vermeidet.

Wenn diese Prinzipien sorgfältig angewendet werden, könnte die „Grüne Nanotechnologie“ zu Herstellungsverfahren führen, die umweltfreundlicher und energieeffizienter als die herkömmlichen sind.<sup>27</sup>

## Wachstumsparadigma in Frage stellen

Vieles spricht jedoch dafür, dass nicht nur unsere Produktionsweisen „grüner“ werden müssen, sondern auch unser Wirtschaftsmodell insgesamt überdacht werden muss, um unsere Gesellschaft fit für die Zukunft zu machen. So zeigen die bisherigen Erfahrungswerte, dass Effizienzsteigerungen in der Regel nicht zu einer Reduktion des Energie- und Rohstoffverbrauchs in absoluten Zahlen führen: statt zu Einsparungen zugunsten der Umwelt können Effizienzerhöhungen sogar zu einer Ausweitung der Produktion und des Konsums führen, weil sie etwa Produkte erst preisgünstig machen. Das liegt am sogenannten „Rebound-Effekt“. Die erhöhte Effizienz

sorgt zwar für Energieeinsparungen, aber diese technische Innovation wird etwa durch mengenmäßigen Mehrverbrauch oder aufwendigere Produkte überkompensiert, wodurch die Entlastungseffekte für die Umwelt ganz oder teilweise wieder aufgehoben werden.<sup>28</sup> Neben der Förderung „grüner Technologie“ gilt es daher auch das Wachstumsmodell der westlichen Industrienationen auf den Prüfstand zu stellen und nach Alternativen zu suchen.

Mit der Studie Zukunftsfähiges Deutschland in einer globalisierten Welt haben der BUND, Brot für die Welt und der Evangelische Entwicklungsdienst (eed) eine Debatte darüber angestoßen, wie sich unser gesellschaftliches, politisches und wirtschaftliches Modell insgesamt verändern muss, um zukunftsfähig zu werden. Jede und jeder ist eingeladen, sich an dieser Debatte zu beteiligen. Weitere Informationen darüber finden Sie unter: [www.zukunftsfahiges-deutschland.de](http://www.zukunftsfahiges-deutschland.de).

Die Studie „Zukunftsfähiges Deutschland in einer globalisierten Welt“ können Sie im Bundladen für 14,95 Euro (zzgl. 4,90€ Versandkosten) bestellen.

[www.bundladen.de](http://www.bundladen.de)



# Literatur

- 1: Meridian Institute (2006). "Overview and comparison of conventional water treatment technologies and nano-based water treatment technologies." Global Dialogue on nanotechnology and the poor: opportunities and risks. Chennai, Indien, Meridian Institute.
- 2: Barlow, M. (2007). Blue Covenant – the global water crisis and the coming battle for the right to water. Melbourne, Black Inc.
- 3: siehe 2
- 3: siehe 1
- 5: Hillie, T. et al. (2007). Nanotechnology, water and development.
- 6: Salamanca-Buentello, F. et al. (2005). "Nanotechnology and the developing world (2005)." *PLoS Medicine* 2(5).
- 7: siehe 1
- 8: SCENIHR (2009). Risk Assessment of Products of Nanotechnologies.
- 9: UNESCO (2006). "Water – a shared responsibility (executive summary)." UN-WATER /WWAP /2006/3
- 10: siehe 2
- 11: SVTC (2009). Toward a Just and Sustainable Solar Energy Industry.
- 12: Luther, W. (2008). "Applications of nanotechnologies in the energy sector." Aktionslinie Hessen Nanotech, Nummer 9.
- 13: Bergeson, K. (2009). "What Are Thin Film Flexible Solar Cells?" *EzineArticles.com*, <http://ezinearticles.com/?What-Are-Thin-Film-Flexible-Solar-Cells?&tid=1906366>.
- 14: Greenpeace and EPIA (2008). Solar Generation V – 2008.
- 15: Ortego, J. (2008). "Nanotechnology: Energizing the Future." *Nanofrontiers Newsletter Herbst 2008*. Washington D. C., Project on emerging nanotechnologies.
- 16: Lubick, N. (2009). "Promising green nanomaterials." *Environmental Science Technology* 43(5): 1247-1249.22.
- 17: Fiedeler, U. (2008). "Using nanotechnology for the substitution of hazardous chemical substances." *Industrial Ecology* 12(3): 307-314.
- 18: Kaegi, R. et al. (2008). "Synthetic TiO<sub>2</sub> nanoparticle emission from exterior facades into the aquatic environment." *Environmental Pollution* (156): 233-239.
- 19: Takeda, K. et al. (2009). "Nanoparticles Transferred from Pregnant Mice to Their Offspring Can Damage the Genital and Cranial Nerve Systems", *Journal of Health Sciences* 55(1): 95-102.
- 20: Zhang, W.-x. (2003). "Nanoscale iron particles for environmental remediation: An overview." *Journal of Nanoparticle Research* 5 (3-4): 326-328.
- 21: Gheorghiu, F. et al. (2005). In-Situ Treatments using Nano-Scale Zero-Valent Iron Implemented in North America and Europe. US EPA Workshop on Nanotechnology for Site Remediation. Washington.
- 22: Ramsden, J. (2006). Complexity and risk in environmental remediation using nanoparticles (abstract). Report from the Workshop on Nanotechnologies for Environmental Remediation.
- 23: siehe 17
- 24: Kushnir, D. and B.o.A. Sand'en (2008). "Energy requirements of carbonnanoparticle production." *Industrial Ecology* 12(3): 360-375.
- 25: Senguel, H. et al. (2008). "Toward sustainable nanoproducts: an overview of nanomanufacturing methods." *Industrial Ecology* 12(3).
- 26: Khanna, V. et al. (2008). "Carbon Nanofiber Production Life Cycle Energy Consumption and Environmental Impact." *Journal of Industrial Ecology* 12(3).
- 27: Karn, B. (2008). "The road to green nanotechnology." *Journal of Industrial Ecology* 12(3): 262-26618.
- 28: Hänggi, M. (2008). „Das Problem mit dem Rebound." *Technology Review Online*, <http://www.heise.de/tr/artikel/Das-Problem-mit-dem-Rebound-275858.html>.

# Nanotechnologie - Forderungen und Ziele des BUND

**D**er Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland ist mit über 480.000 Mitgliedern und Förderern einer der größten Umweltverbände in Deutschland. Bereits seit 2004 beschäftigt sich der BUND mit den Chancen und Risiken der Nanotechnologie – anfänglich zunächst über die Ausrichtung von Tagungen, seit 2007 auch durch ein hauptamtlich betreutes Projekt in unserer Bundesgeschäftsstelle in Berlin.

In unserem Fokus stehen dabei vor allem Anwendungen der Nanotechnologie, bei denen VerbraucherInnen oder die Umwelt direkt in Kontakt mit Nanomaterialien kommen können (wie zum Beispiel bei Lebensmitteln und Verpackungen, Küchen- und Haushaltsartikeln, Textilien und Kosmetika) oder die einen besonderen Nutzen für den Umweltschutz versprechen.

Um zur öffentlichen Debatte über die Nanotechnologie beizutragen, informiert der BUND VerbraucherInnen über die Chancen und Risiken der Nanotechnologie durch Broschüren, Faltblätter, Pressearbeit und eine ausführliche Internetrubrik zum Thema. So sind inzwischen außer dieser Broschüre zwei umfangreiche Studien zur Anwendung der Nanotechnologie im Lebensmittelbereich und zur breiten Anwendung von Nano-Silber in Verbraucherprodukten, ein Faltblatt sowie zwei Positionspapiere entstanden.

Zugleich sucht der BUND den Kontakt mit EntscheidungsträgerInnen aus Politik und Wirtschaft, um die weitere Entwicklung der Nanotechnologie auch aktiv zu beeinflussen. Dazu beteiligt sich der BUND am NanoDialog der Bundesregierung und anderen Stakeholder-Dialogen und versucht PolitikerInnen auf nationaler und europäischer Ebene, seine Meinung näher zu bringen. Auch in den Nor-

mungsgremien des DIN ist der BUND beteiligt, wenn es um Standardisierungsfragen rund um die Nanotechnologie geht.

Diese vielseitigen Aktivitäten wären nicht möglich, ohne den Einsatz vieler ehrenamtlicher BUND-Aktive, von denen sich viele regelmäßig in der Arbeitsgruppe „Nano-Aktive“ des BUND Arbeitskreises Umweltchemikalien/Toxikologie treffen.

Ziel aller Aktivitäten ist ein verantwortungsvoller Umgang mit der Nanotechnologie. Dort, wo die Nanotechnologie tatsächlich Chancen für den Umweltschutz und die VerbraucherInnen bietet, sollten diese genutzt werden, allerdings nur dann, wenn mögliche Chancen die Risiken überwiegen. Daher setzt sich der BUND für eine strikte Anwendung des Vorsorgeprinzips ein:

Nanomaterialien sollten in verbrauchernahen und umweltoffenen Anwendungen nicht verwendet werden, bis

- wirksame gesetzliche Regelungen in Kraft sind, die die Anwendung kontrollieren
- Daten zur Risikobewertung vorliegen, die die Sicherheit belegen, und
- VerbraucherInnen selbst entscheiden können, ob sie solche Produkte kaufen möchten.

Hierzu müssen vorhandene Regelwerke, wie z.B. die Chemikalienverordnung REACH, das Lebensmittelrecht und die Pestizid- und Biozidgesetzgebung um spezifische Regelungen für Nanomaterialien ergänzt werden. Um die Markttransparenz zu stärken, fordert der BUND die Einführung einer Melde- und Kennzeichnungspflicht. Alle Produkte, die Nanomaterialien enthalten, sollten in einem öffentlich zugänglichen Produktregister erfasst sein. Bei verbrauchernahen und umweltoffenen Anwendungen muss die Verwendung von Nanomaterialien außerdem auf Produktverpackun-

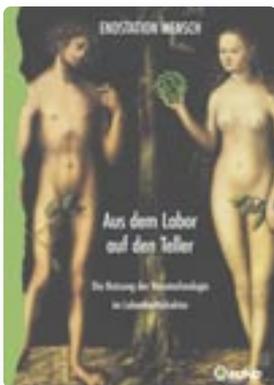
gen oder Geräten deutlich zu erkennen sein. Die eingesetzten Forschungsgelder müssen verstärkt in die Risikoforschung fließen, mindestens zehn bis fünfzehn Prozent der öffentlichen Mittel im Bereich der Nanoforschung sind dafür notwendig. Außerdem sollte bei der Vergabe von Fördermitteln verstärkt darauf geachtet werden, dass Projekte gefördert werden, die einen gesellschaftlichen und ökologischen Mehrwert versprechen. Außerdem sollten sich Firmen, um eine staatliche Förderung zu erhalten, den „Prinzipien für einen verantwortungsvollen Umgang mit der Nanotechnologie“, die im Rahmen des Nanodialogs der

Bundesregierung erarbeitet wurden und von der NanoKommission verabschiedet wurden, verpflichten.

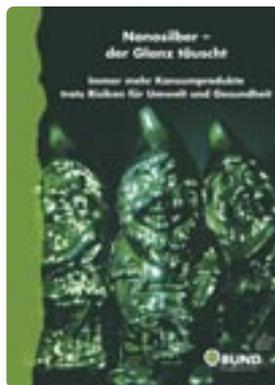
Mehr Informationen finden Sie unter [www.bund.net/bundnet/themen\\_und\\_projekte/nanotechnologie/](http://www.bund.net/bundnet/themen_und_projekte/nanotechnologie/).

Wer sich für eine ehrenamtliche Mitarbeit im BUND zum Thema Nanotechnologie interessiert, kann sich an Jurek Vengels ([jurek.vengels@bund.net](mailto:jurek.vengels@bund.net); Tel.: 030/27586-422) wenden.

WEITERE INFORMATIONEN FINDEN SIE IN UNSEREN PUBLIKATIONEN UND UNTER [WWW.BUND.NET](http://WWW.BUND.NET)



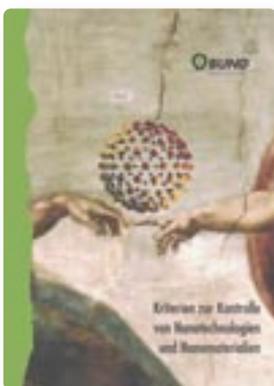
Broschüre Best. Nr. 55.036 K



Broschüre Best. Nr. 55.053 K



Broschüre Best. Nr. 11051



Broschüre Best. Nr. 55.042 K



Flyer Best. Nr. 55.047 K

Bitte hier kostenlos  
bestellen:  
[www.bundladen.de](http://www.bundladen.de)  
Versandkosten müssen  
übernommen werden.

# Die Erde braucht Freundinnen und Freunde

Der BUND ist ein Angebot: an alle, die unsere Natur schützen und den kommenden Generationen die natürlichen Lebensgrundlagen erhalten wollen. Zukunft mitgestalten – beim Schutz von Tieren und Pflanzen, Flüssen und Bächen vor Ort oder national und international für mehr Verbraucherschutz, gesunde Lebensmittel und natürlich den Schutz unseres Klimas. Der BUND ist dafür eine gute Adresse. Wir laden Sie ein, dabei zu sein.

## Ich will mehr Natur- und Umweltschutz

Bitte (kopieren und) senden an:

**Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V.,  
Friends of the Earth Germany, Am Köllnischen Park 1, 10179 Berlin**

### Ich möchte

... mehr Informationen über den BUND

... Ihren E-Mail-Newsletter \_\_\_\_\_

## Ich will den BUND unterstützen

### Ich werde BUNDmitglied

Jahresbeitrag:

- Einzelmitglied (ab 50 €) \_\_\_\_\_
- Familie (ab 65 €) \_\_\_\_\_
- SchülerIn, Azubi,  
StudentIn (ab 16 €) \_\_\_\_\_
- Erwerbslose, Alleinerziehende,  
KleinrentnerIn (ab 16 €) \_\_\_\_\_
- Lebenszeitmitglied (ab 1.500 €) \_\_\_\_\_

Wenn Sie sich für eine Familienmitgliedschaft entschieden haben, tragen Sie bitte die Namen Ihrer Familienmitglieder hier ein. Familienmitglieder unter 28 Jahren sind automatisch auch Mitglieder der BUNDJugend.

\_\_\_\_\_  
Name, Geburtsdatum

\_\_\_\_\_  
Name, Geburtsdatum

Ich unterstütze den BUND  
mit einer Spende.

Spendenzweck: „Gegen Gift“

Spendenbetrag  €

einmalig

jährlich

Um Papier- und Verwaltungskosten zu sparen, ermächtige ich den BUND, den Mitgliedsbeitrag/die Spende von meinem Konto abzubuchen. Diese Ermächtigung erlischt durch Widerruf bzw. Austritt.

\_\_\_\_\_  
Name, Vorname

\_\_\_\_\_  
Straße, Hausnummer

\_\_\_\_\_  
PLZ, Ort

\_\_\_\_\_  
Kreditinstitut

\_\_\_\_\_  
Bankleitzahl

\_\_\_\_\_  
Kontonummer

\_\_\_\_\_  
E-Mail, Telefon

\_\_\_\_\_  
Datum, Unterschrift

*Ihre persönlichen Daten werden ausschl. für Vereinszwecke elektronisch erfasst und – ggf. durch Beauftragte des BUND e.V. – auch zu vereinsbezogenen Informations- und Werbezwecken verarbeitet und genutzt.* [ABAInFBUND]

Förderhinweis: Diese Publikation wurde finanziell vom Bundesumweltministerium und vom Umweltbundesamt gefördert. Die Förderer übernehmen keine Gewähr für Richtigkeit, Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben und für die Beachtung privater Rechte Dritter. Die geäußerten Ansichten und Meinungen müssen nicht mit denen der Förderer übereinstimmen.

Weitere Infos zum Thema  
Nanotechnologie finden Sie unter  
[www.bund.net/nano](http://www.bund.net/nano)

Impressum  
Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V. (BUND) · Friends of the Earth  
Germany · Am Köllnischen Park 1 · 10179 Berlin · Tel.: 0 30/2 75 86-40 · Fax: 0 30/2 75  
86-4 40 · Text: Patricia Cameron, Jurek Vengels · Basierend auf der Broschüre des Euro-  
päischen Umweltbüros (EEB), „Challenges and Opportunities to Green Nanotechnolo-  
gies“, Autorin: Dr. Rye Senjen · V.i.S.d.P.: Dr. Norbert Franck · Gestaltung: N & U GmbH  
Fotos: (4) iStockphoto.com