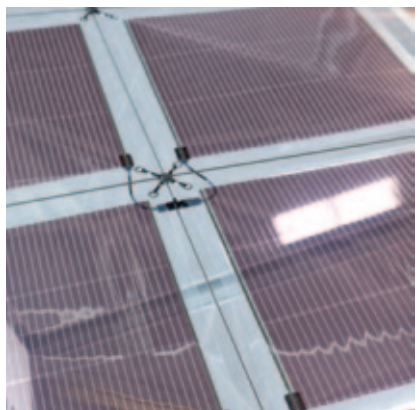
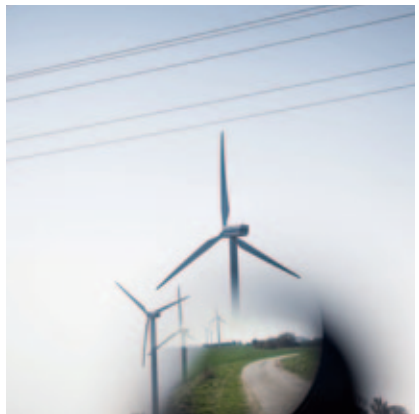


Nanotechnik: Ressourcenschonung oder Rebound-Effekt?

Untersuchung der Auswirkungen
ausgewählter nanotechnischer Produkte
auf den Rohstoff- und Energiebedarf



Inhalt

Einführung	3
1. Zielsetzung der Studie	4
2. Methodische Vorgehensweise	5
3. Anwendungsbeispiel „Neodym-Magneten“	6
4. Anwendungsbeispiel „Elektrisch dimmbare Fenster“	8
5. Anwendungsbeispiel „Organische Photovoltaik“	10
6. Zusammenfassung und Ausblick	11

Impressum

© Öko-Institut e.V.
Stand: März 2014

Inhalt und Redaktion: Martin Möller
Gestaltung und Layout: Tobias Binnig, www.gestalter.de

Druck: Meisterdruck GmbH, Reute
Gedruckt auf 100% Recyclingpapier

Fotos und Abbildungen:
S.6: © anyaiavanova - Fotolia.com, S.7: © Igor Tarasov - Fotolia.com
Alle anderen: © die jeweiligen Firmen oder © Öko-Institut

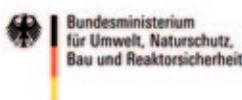
Dieses Vorhaben wurde im Auftrag des Umweltbundesamtes im Rahmen des Umweltforschungsplanes – Förderkennzeichen 3711 93 428 – erstellt und mit Bundesmitteln finanziert.

Ansprechpartner für das Projekt:
Martin Möller | Öko-Institut e.V. | Institutsbereich Produkte & Stoffströme
Geschäftsstelle Freiburg | Merzhauser Straße 173 | D-79100 Freiburg
Tel.: +49 761 45295-256 | m.moeller@oeko.de | www.oeko.de

Ansprechpartner für das Anwendungsbeispiel „Elektrisch dimmbare Fenster“:
Hartmut Wittkopf | Geschäftsführer
EControl-Glas GmbH & Co. KG | Otto-Erbert-Straße 8 | D-08527 Plauen
Tel.: +49 3741 14820-100 | Hartmut.wittkopf@econtrol-glas.de | www.econtrol-glas.de

Ansprechpartner für das Anwendungsbeispiel „Organische Photovoltaik“:
Hermann Issa | Director BD Sales
BELECTRIC OPV GmbH | Landgrabenstr. 94 | D-90443 Nürnberg
Tel.: +49 761 45295-0 | hermann.issa@belectric.com | www.belectric.com

Im Auftrag von:

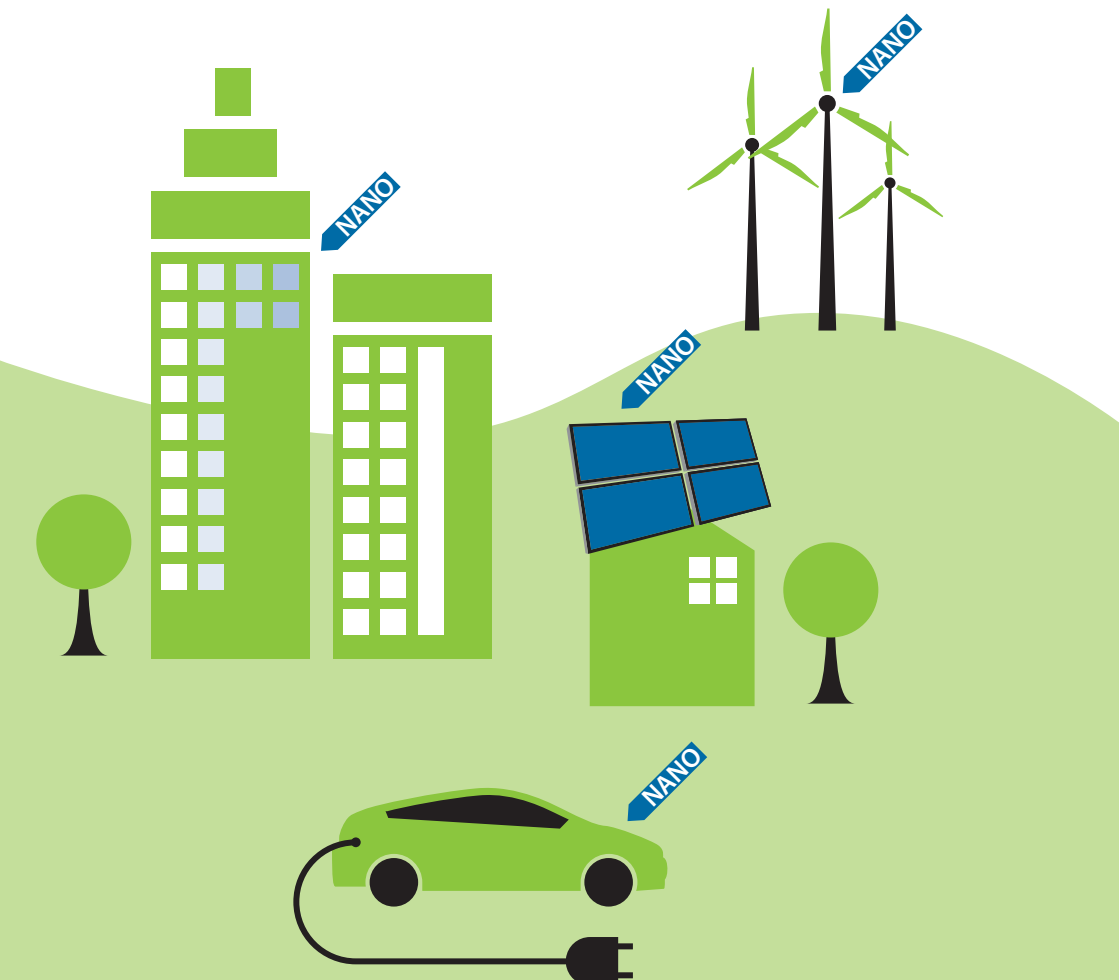


Ressourcenschonung und Energieeinsparung durch Nanotechnik?

Eine Einführung

Die Nanotechnik hat mittlerweile in vielen Anwendungsbereichen Einzug gehalten. Dabei spielen Ressourcenschonung und Energieeinsparung eine große Rolle. Wichtige Beispiele hierfür sind regenerative Energiebereitstellung, Wärmedämmung, Stromspeicher, neue Werk- und Baustoffe und industrielle Produktionsprozesse.

Die erwarteten Einsparpotenziale beruhen zum einen auf der erst durch Nanomaterialien ermöglichten gezielten Nutzung von Quanteneffekten im Halbleiterbereich, zum anderen auch auf der großen spezifischen Oberfläche der nanostrukturierten Materialien. Dank völlig neuer beziehungsweise verbesserter mechanischer, elektrischer, optischer oder magnetischer Eigenschaften kann so während des gesamten Lebenszyklus der nanotechnischen Anwendungen eine Verringerung des Rohstoff- und Energieverbrauchs erreicht werden.



Zielsetzung der Studie

Vor diesem Hintergrund hat das Öko-Institut eine Studie* erstellt, die für besonders aussichtsreiche nanotechnische Anwendungen und Produkte die in der Zukunft zu erwartenden Rohstoff- und Energieaufwendungen qualitativ und so weit wie möglich quantitativ beschreibt. So sollen die Effizienz der Rohstoffnutzung analysiert und Potenziale für Einsparungen aufgezeigt werden.

Dafür charakterisieren die Wissenschaftler auch die jeweils zu Grunde liegenden nanoaktiven Komponenten und ermitteln die spezifischen Triebkräfte für eine nanotechnische Funktionalisierung oder den Ersatz etablierter Materialien.

Schließlich analysieren sie, ob durch einen vermehrten Einsatz der Nanotechnik in Verbraucherprodukten Rebound-Effekte auftreten können, die die in Aussicht gestellte Nachhaltigkeit solcher Nanoprodukte konterkarieren würden.

** Untersuchung der Auswirkungen ausgewählter nanotechnischer Produkte: <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/untersuchung-der-auswirkungen-ausgewaehelter>*

Rebound-Effekte:

Wird eine Einsparung, sei sie energetischer, räumlicher, zeitlicher, stofflicher oder anderer Natur, durch gegenläufige Effekte teilweise oder ganz aufgehoben, so spricht man von Rebound-Effekten. Bei Konsumgütern können diese beispielsweise im Verhalten der Nutzer begründet liegen. So wurde z.B. durch Flachbildfernseher nicht wirklich Platz im Raum eingespart, da die neuen Geräte gerne mit einer deutlich größeren Bilddiagonalen angeschafft wurden. Ein geringerer Energieverbrauch durch eine Technologieinnovation kann z.B. durch eine intensivere Nutzung konterkariert werden.

Methodische Vorgehensweise

In der Studie wurden insgesamt zehn Beispiele aus vielversprechenden Anwendungsfeldern der Nanotechnik charakterisiert und hinsichtlich ihres Rohstoff- und Energiebedarfs analysiert. Als Grundlage für die Auswahl der besonders aussichtsreichen Anwendungsfelder diente die Studie „Modell Deutschland“, die prioritär wichtige Technologiefelder nennt, die zur Bekämpfung des Treibhauseffekts und der notwendigen Steigerung der Energieeffizienz in der Industrie von Bedeutung sind. Bei der Auswahl der Anwendungsfelder wurden einheitliche Kriterien herangezogen. So mussten die jeweiligen Anwendungen massenmarktauglich sein und sich darüber hinaus bereits auf dem Markt befinden oder zumindest an der Schwelle des Markteintritts stehen. Weiterhin musste ein geeignetes, nicht-nanotechnisches Referenzprodukt existieren, das als Bezugspunkt für die vergleichenden Analysen diente. Von den zehn Anwendungsbeispielen wurden acht auf qualitativer Ebene untersucht, während zwei weitere Anwendungen einer quantitativen Analyse unterzogen wurden.

Die acht qualitativ betrachteten Fallbeispiele wurden unter Verwendung des Kriterienkatalogs der Themengruppe 2 des NanoDialogs 2009-2011 analysiert. Für die beiden quantitativen Fallbeispiele hat das Öko-Institut ausgewählte Schlüsselindikatoren des „Nano-NachhaltigkeitsCheck“ des Öko-Instituts herangezogen und zum Teil weiterentwickelt. Dabei handelt es sich um die Schlüsselindikatoren „Energieeffizienz“, „CO₂-Fußabdruck“ und „Ressourcenverbrauch“. Beim Schlüsselindikator „Ressourcenverbrauch“ galt der Bewertung der eingesetzten Metalle und Seltenen Erden besondere Aufmerksamkeit. Darüber hinaus wurden im Rahmen einer so genannten „Hot-Spot-Analyse“ auch Schadstoffaspekte (Exposition und Toxikologie) sowie weitere Nachhaltigkeitsgesichtspunkte (wie beispielsweise Gebrauchsnutzen) berücksichtigt.

Kriterienkatalog der Themengruppe 2 des NanoDialogs 2009-2011:

Bei diesem Fragenkatalog handelt es sich um eine Methode mit der die Nutzen- und Risikopotenziale von Nanoprodukten systematisch erfasst, transparent beschrieben und bewertet werden können. BMU (2011). Verantwortlicher Umgang mit Nanotechnologien – Bericht und Empfehlungen der NanoKommission 2011. (W.-M. Catenhusen). Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Online verfügbar unter: www.bmub.bund.de/N46552/

Nano-NachhaltigkeitsCheck:

Das Instrument dient der Selbstevaluierung von Innovationsprozessen. Der Nano-NachhaltigkeitsCheck ist ein strategisches Radar für das Management der Chancen und Risiken von Nanoprodukten. Einerseits werden beispielsweise Umweltentlastungseffekte und neue Märkte identifiziert, andererseits Fehlinvestitionen sowie Gefahren für die Gesellschaft möglichst vermieden.

Öko-Institut e.V. (2011). Nano-NachhaltigkeitsCheck: Radar für Nanoprodukte mit Zukunft. (M. Möller). Öko-Institut e.V. Online verfügbar unter: www.oeko.de/nano_nachhaltigkeitscheck

Öko-Institut e.V. (2012). Analyse und strategisches Management der Nachhaltigkeitspotenziale von Nanoprodukten. (M. Möller, R. Groß, K. Moch, S. Prakash, C. Pistner, P. Küppers, A. Spieth-Achtnich, et al.). Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, Germany: TEXTE 15/2012. Online verfügbar unter: <http://www.uba.de/uba-info-medien/4276.html>

Seltene Erden:

Unter dem Begriff ‚Seltene Erden‘ sind 17 Metalle im Periodensystem zusammengefasst. Viele von ihnen sind von großer Bedeutung für zahlreiche moderne Technologien wie z.B. hocheffiziente Elektromotoren und Generatoren, wiederaufladbare Batterien, LEDs und Katalysatoren. Seltene Erden werden überwiegend in der Volksrepublik China abgebaut und aufbereitet, wodurch viele Industrien in einer gewissen Abhängigkeit bezüglich der Versorgung mit diesen Rohstoffen stehen. Gleichzeitig gehen Abbau und Aufbereitung mit großen ökologischen Implikationen für die Regionen einher, in denen sie gewonnen werden.

Neodym-Magneten

Wenig anziehende Arbeitsbedingungen und Rebound-Effekte

Neodym-Magneten sind eine besonders interessante Anwendung der Nanotechnik, an der bereits im Rahmen einer qualitativen Betrachtung die Auswirkungen auf den Rohstoff- und Energiebedarf untersucht sowie mögliche Rebound-Effekte herausgearbeitet werden konnten. Die Ergebnisse sollen hier exemplarisch für die insgesamt acht qualitativen Anwendungsbeispiele vorgestellt werden.

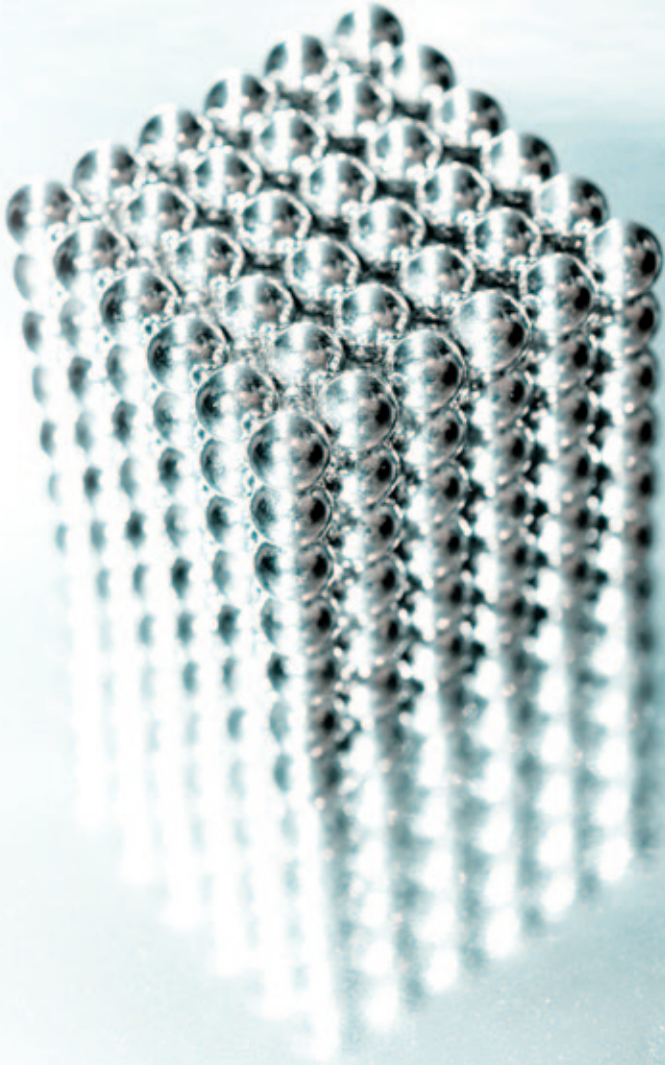
Bei Neodym-Magneten handelt es sich um besonders starke Magneten, die vor allem aus nanoskaligem Neodym- und Eisen-Pulver hergestellt werden. Industriell haben sie eine große Bedeutung, da sie eine wichtige Komponente in vielen elektrotechnischen Anwendungen bilden. So sind sie für die Umwandlung von elektrischer Energie in kinetische Energie (Elektromotor) und umgekehrt (Generator) ein unverzichtbarer Bestandteil. Moderne Windkraftanlagen verwenden bevorzugt diese Magneten, darüber hinaus werden Neodym-Magneten aber auch in Lautsprechern, Festplatten und elektrischen Fahrzeugen eingesetzt.

Der Einsatz von nanoskaligen Metallpulvern kann die Leistungsfähigkeit (das so genannte Energieprodukt) des Magneten um zehn bis 30 Prozent steigern. Dadurch ist es möglich, im Vergleich zum Referenzprodukt mit einer herkömmlichen Körnung der Metallpulver, bis zu 30 Prozent des benötigten Neodyms (Nd) einzusparen.

Nd-Magneten benötigen neben Neodym auch weitere Seltene Erden wie beispielsweise Praseodym, Dysprosium oder Terbium. Derzeit werden ungefähr 70 Prozent der weltweiten Nd-Produktion für Nd-Magneten aufgewendet. Die Gewinnung von Seltenen Erden ist durch einen hohen technischen Aufwand, die Freisetzung toxischer und radioaktiver Substanzen (Thorium, Uran, Schwermetalle, Säuren u.a.) sowie besonders unfallträchtige Arbeitsbedingungen gekennzeichnet.

Durch den aufwändigen Gewinnungsprozess der Seltenen Erden und deren limitiertes Vorkommen ist es von großer wirtschaftlicher und technologischer Bedeutung, die Magneten weiter zu optimieren, um wahlweise eine höhere Energieeffizienz oder eine Verminderung des Gewichtes der verwendeten Seltenen Erden zu erreichen. Eine wichtige Einflussgröße in diesem Zusammenhang wird auch die gesellschaftliche Akzeptanz der





Elektro-Mobilität darstellen, das heißt, wie hoch der zukünftige Bedarf an Elektromotoren in Automobilen ausfallen wird.

Der Einsatz von Nd-Magneten mit Nanokörnung führt folglich dazu, Rohstoffe im Bereich der Seltenen Erden einzusparen und die Energieeffizienz zu steigern. Eine potenzielle Rohstoffeinsparung in Höhe von bis zu 30 Prozent ist vor dem Hintergrund einer Konzentration der Neodym-Gewinnung in China von großer industriepolitischer Relevanz.

Andererseits bergen Nd-Magneten auch relevante Potenziale für Rebound-Effekte, wobei insbesondere der Aspekt der weiträumigen Verteilung des eingesetzten Materials zu berücksichtigen ist. Mit effizienteren beziehungsweise kleineren Magneten ist es möglich, sowohl preisgünstigere Produkte gleicher Effizienz als auch weitere, zuvor unattraktive Produkte mit kleinen Magneten auszustatten. Die Erschließung neuer Anwendungsfelder stellt somit eine weitere wichtige Triebkraft für die nanotechnische Innovation dar. Dies könnte jedoch direkte Rebound-Effekte zur Folge haben. Konsumentinnen und Konsumenten könnten in zusätzlichem Umfang Produkte mit Neodym-Magneten nachfragen und dadurch einen zusätzlichen Rohstoffverbrauch sowie die Materialdissipation (kleinteilige und großflächige Streuung in der Gesellschaft) befördern. Perspektivisch können so die identifizierten Einsparpotenziale im Bereich der Seltenen Erden aufgezehrt bzw. sogar ins Gegenteil verkehrt werden. Ferner verliert das ohnehin bereits sehr schwierige Recycling von Neodym-Magneten durch die zunehmende Verkleinerung von Magneten und deren großflächige Verteilung während der Nutzung weiter an Attraktivität.

Elektrisch dimmbare Fenster

Voller Durchblick und kühler Kopf

Bei elektrisch dimmbaren Fenstern handelt es sich um elektrochrome Verbundglasscheiben, die dynamisch, automatisch oder manuell an die Lichtverhältnisse der Umgebung angepasst werden können. Der elektrochrome Effekt – also die Änderung der Lichtdurchlässigkeit des Glases – wird mittels einer dünnen Schicht nanostrukturierten Wolframoxids erzeugt, welche sich bei Anlegen einer Spannung durch die Reaktion mit Lithium-Ionen bläulich verfärbt. Diese Verglasungen sind im privaten wie auch im kommerziellen Sektor anwendbar, wurden jedoch im Rahmen der Studie im Kontext des kommerziellen Sektors (z.B. Bürogebäude) analysiert. Sie konkurrieren auf diesem Markt mit Kombinationslösungen aus Mehrfachverglasung und einer, häufig extern am Gebäude angebrachten Verschattung in Form von Aluminiumjalousien (Referenzprodukt).



Der einzige Anbieter von elektrisch dimmbaren Fenstern in Deutschland ist die Firma EControl-Glas GmbH & Co. KG, welche die erforderlichen Daten für das vorliegende Anwendungsbeispiel zur Verfügung gestellt hat.*

Die auf dieser Datenbasis durchgeführte detaillierte Analyse der Energie- und Rohstoffaspekte kommt zu dem Ergebnis, dass die elektrisch schaltbaren Fenster gegenüber dem Referenzprodukt in der Produktion derzeit (Szenario 2011) noch einen größeren Energieaufwand verursachen. Hauptursache: Die Produktionseinrichtungen bei EControl-Glas sind bisher nicht voll ausgelastet. Erst die Gebrauchsphase macht die neuartige Verglasung energetisch rentabel, da hier Energie für Klimatisierung, Beleuchtung und Betrieb (der Jalousien) eingespart werden kann. Übersetzt man den Energieaufwand in die damit verbundenen CO₂-Emissionen, so ergibt sich im Einzelnen folgendes Bild:

*Die Produktentwicklung wurde durch das BMWi gefördert; FKZ: 0327890A

	Nanoprodukt	Referenzprodukt
PCF [kg CO₂e/m²] für das Szenario 2011	256	304
davon Produktion	153	42
Transport	7	1
Gebrauchsphase	96	262
Nachgebrauchsphase	0	-1
PCF [kg CO₂e/m²] für das Szenario 2020	201	304
davon Produktion	99	42
Transport	7	1
Gebrauchsphase	95	262
Nachgebrauchsphase	0	-1

Vergleich zwischen Nano- und Referenzprodukt hinsichtlich des Schlüsselindikators „CO₂-Fußabdruck“ (Product Carbon Footprint, PCF) für die beiden Szenarien 2011 und 2020

Für das Zukunftsszenario 2020 zeigen die Ergebnisse, dass sich die Situation voraussichtlich zugunsten von EControl-Glas-Fenstern verschieben wird. Bei steigender Produktionsmenge wird sich die Energieeffizienz der Produktion nach Einschätzung von EControl-Glas erheblich verbessern, insbesondere da die Sockelverbräuche für Gebäude und Infrastruktur pro Quadratmeter produziertes EControl-Glas-Fenster einen geringeren Einfluss haben werden.

Als Rebound-Effekt ist in der kalten Jahreszeit nach derzeitigem Kenntnisstand beim EControl-Glas-Fenster lediglich ein im Vergleich zum Referenzprodukt leicht erhöhter Heizenergiebedarf zu verzeichnen. Dieser gegenläufige Effekt hebt die Einsparungen bei der Kühlung jedoch nicht vollständig auf, sondern mindert diese nur geringfügig.

In Hinblick auf die Rohstoffaspekte ergibt sich für die EControl-Verglasung, dass – im Gegensatz zum Referenzprodukt – verschiedene Metalle eingesetzt werden, die teilweise als versorgungskritisch eingestuft werden. Allerdings muss bei dieser Betrachtung auch berücksichtigt werden, dass die Stoffkonzentrationen in EControl-Glas durchweg sehr gering sind. So benötigt EControl-Glas für die derzeitige Jahresproduktion unter zehn Kilogramm Wolfram. Dies entspricht in etwa der Wolframmenge von knapp 65 Sets Metallbohrern der Größe ein bis zehn Millimeter, in denen Wolframverbindungen als Härter eingesetzt werden. Selbst für den Fall, dass sich die Jahresproduktion von EControl-Glas mehr als ver Hundertfachen würde, hätte dies bei keinem der benötigten Metalle eine spürbare zusätzliche Nachfrage auf die Primärgewinnung zur Folge.

Neben der Energieeinsparung ist auch ein Zugewinn beim Gebrauchsnutzen zu verzeichnen, welcher jedoch deutlich schwieriger zu quantifizieren ist: Die neuartige Verglasung filtert bei der Abdunkelung selektiv rote und infrarote Lichtwellenlängen aus dem Tageslichtspektrum. Der resultierende blaue Lichtanteil im Raum ist nachweislich förderlich für Aufmerksamkeit und Konzentration. Ferner wird der Ausblick aus den Fenstern nicht durch Jalousien eingeschränkt.

Somit bilden Zugewinn an Gebrauchsnutzen ebenso wie der verminderte Energiebedarf entlang des gesamten Lebenszyklus die wichtigsten Triebkräfte für die nanotechnische Innovation.

Organische Photovoltaik

Flexible Lösungen für die Energiewende

Bei organischer Photovoltaik (OPV) handelt es sich um Solarzellen, die im Wesentlichen aus organischen Werkstoffen – also aus Kohlenwasserstoff-Verbindungen (Kunststoffen) – bestehen. Aufgrund ihrer mit vergleichsweise geringem Aufwand zu produzierenden Basismaterialien wird OPV als eine interessante Ergänzung zu herkömmlichen Solarzellen aus anorganischem Halbleitermaterial (Silizium) erachtet. Andererseits benötigen OPV-Module technologiebedingt Fullerene, also Nanomaterialien, die in ihrer Produktion besonders energieaufwändig sind.

Bei dem betrachteten Produkt „Power Plastic PP 540“ handelt es sich um beschichtetes Polyethylenterephthalat (PET), bei dem während der Herstellung verschiedene Schichten in einem kontinuierlichen Rolle-zu-Rolle-Prozess aufgedruckt werden. Es zeichnet sich durch eine hohe Flexibilität und Transparenz aus, wodurch eine Produktintegration, eine dreidimensionale Verformung und Anpassung für den Einsatzzweck ermöglicht wird. Als Referenzprodukt wurde ein Modul gewählt, welches aus Dünnschicht solarzellen auf der Basis von amorphem Silizium (aSi) besteht.

Die Auswertung von weiteren aktuellen Studien zum Thema Energieeffizienz führt zu dem Ergebnis, dass der Primärenergiebedarf von OPV-Modulen trotz der benötigten Fullerene um ungefähr den Faktor 3 unter dem Wert von anorganischen Silizium-Modulen liegt. Hauptgrund hierfür sind die bei OPV-Modulen geringen Materialeinsatzmengen und die Verarbeitung bei niedrigen Temperaturen.

Weiterhin bieten OPV-Module den Vorteil, auch bei wenig Licht und einem schlechtem Lichteinfallswinkel noch eine relativ hohe Leistung zu erbringen. Aufgrund dieser Tatsache sowie wegen ihrer flexiblen Eigenschaften können sie auch Solarstrom an Standorten gewinnen, an denen dies mit herkömmlichen Solarmodulen nicht möglich wäre. Diese im Vergleich zu herkömmlichen Photovoltaik-Modulen wichtigen Freiheitsgrade stellen einen der bedeutendsten Treiber für die Entwicklung von OPV-Modulen dar.

Darüber hinaus macht der relativ hohe Silbergehalt (0,5 bis fünf Prozent) die OPV-Module für die Recyclingwirtschaft (vor allem Kupfer- und Edelmetallhütten) attraktiv. Dadurch kann die Kreislaufführung der enthaltenen Metalle und Wertstoffe befördert und eine Zerstörung der enthaltenen Fullerene voraussichtlich sichergestellt werden.

Zusammenfassung und Ausblick

Die insgesamt zehn betrachteten Anwendungsbeispiele zeigen, dass nanotechnische Innovationen grundsätzlich signifikante Einsparungen im Bereich Rohstoff- und Energieaufwendungen haben können. Die hier genannten Potenziale sind jedoch zum Teil an Randbedingungen geknüpft, deren Eintreten sich in der Praxis noch bewahrheiten muss. Bei den elektrisch dimmbaren Fenstern wird beispielsweise davon ausgegangen, dass die derzeit noch nicht voll ausgelasteten Produktionskapazitäten zukünftig im Großserienbetrieb effizienter werden können. Andernfalls wären die Energie-Einsparpotenziale in Höhe von rund 30 Prozent im Vergleich zu herkömmlichen Fenstern nicht erreichbar.

Insbesondere anhand der qualitativ untersuchten Anwendungsfelder konnten auch die Auswirkungen nanotechnischer Neuentwicklungen auf den Verbrauch kritischer metallischer Rohstoffe und möglicher Rebound-Effekte herausgearbeitet werden. Ein gutes Beispiel dafür sind gesinterte Magneten aus Neodym, bei denen mögliche Rebound-Effekte aufgrund einer steigenden Nachfrage und Dissipation der Anwendung dem ursprünglichen Ziel, nämlich der Senkung der spezifischen Rohstoffverbräuche bei den Seltenen Erden, negativ gegenüber stehen.

Was also wird künftig die Triebfeder für weitere Innovationen im Bereich Nanotechnik sein? Neben klassischen Innovationstreibern wie Kosteneinsparung und Erschließung neuartiger Anwendungsfelder sind mittlerweile insbesondere auch die Aspekte Materialeinsparung und Energieeffizienz zu wichtigen Treibern für nanotechnische Neuentwicklungen geworden. Dies lässt sich zum einen anhand der bereits erwähnten Neodym-Magneten aufzeigen, zeigt sich darüber hinaus aber auch in den Bereichen Energietechnik, industrielle Produktionsprozesse sowie bei Werk- und Baustoffen.

Die Studie des Öko-Instituts macht insgesamt nochmals besonders deutlich, dass der gesamte Lebenszyklus analysiert werden muss, um die Auswirkungen nanotechnischer Produkte auf den Rohstoff- und Energieverbrauch sowie relevante Rebound-Effekte zu ermitteln.



Geschäftsstelle Freiburg

Postfach 1771
D-79017 Freiburg
Merzhauser Straße 173
D-79100 Freiburg
Tel.: +49 761 45295-0
Fax: +49 761 45295-288

Büro Darmstadt

Rheinstraße 95
D-64295 Darmstadt
Tel.: +49 6151 8191-0
Fax: +49 6151 8191-133

Büro Berlin

Schicklerstraße 5-7
D-10179 Berlin
Tel.: +49 30 405085-0
Fax: +49 30 405085-388

info@oeko.de
www.oeko.de