

# Nano-NachhaltigkeitsCheck

Integrierte Nachhaltigkeitsbewertung  
und strategische Optimierung von  
Nanoprodukten



Bundesministerium  
für Umwelt, Naturschutz  
und Reaktorsicherheit

**Umwelt  
Bundes  
Amt**   
Für Mensch und Umwelt

 **BASF**  
The Chemical Company

 **nanogate**

# Inhalt

Einführung . . . . .	3
Überprüfung des nachhaltigen Nutzens: Die Methode. . . . .	4
Der Schlüssel zur Bewertung: Die Indikatoren . . . . .	4
Stärken und Schwächen: Die Ergebnisauswertung . . . . .	5
Fallbeispiel: pro.Glass Barrier 401 . . . . .	6
Das Ergebnis . . . . .	6
Die Analyse im Einzelnen . . . . .	7
Strategische Optimierung . . . . .	7
Fallbeispiel: X-SEED. . . . .	8
Das Ergebnis . . . . .	8
Die Analyse im Einzelnen . . . . .	9
Strategische Optimierung . . . . .	9
Zusammenfassung und Ausblick. . . . .	10

## Impressum

© Öko-Institut e.V.  
www.oeko.de  
Stand: Mai 2011

Inhalt und Redaktion: Martin Möller (verantwortlich), Mandy Schoßig  
Gestaltung und Layout: Tobias Binnig, www.gestalter.de  
Gedruckt auf 100% Recyclingpapier

Bildnachweise: Titel: © Klaus Eppele - Fotolia.com; S.3: © RA Studio - Fotolia.com;  
S.4/5: © Miguel Pinheiro - Fotolia.com; S.7: © Nanogate; S.9: © BASF; S.10: © sellingpix - Fotolia.com

Broschüre wurde gefördert durch  
das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit  
sowie durch das Umweltbundesamt.

# Ein Radar für mehr Nachhaltigkeit

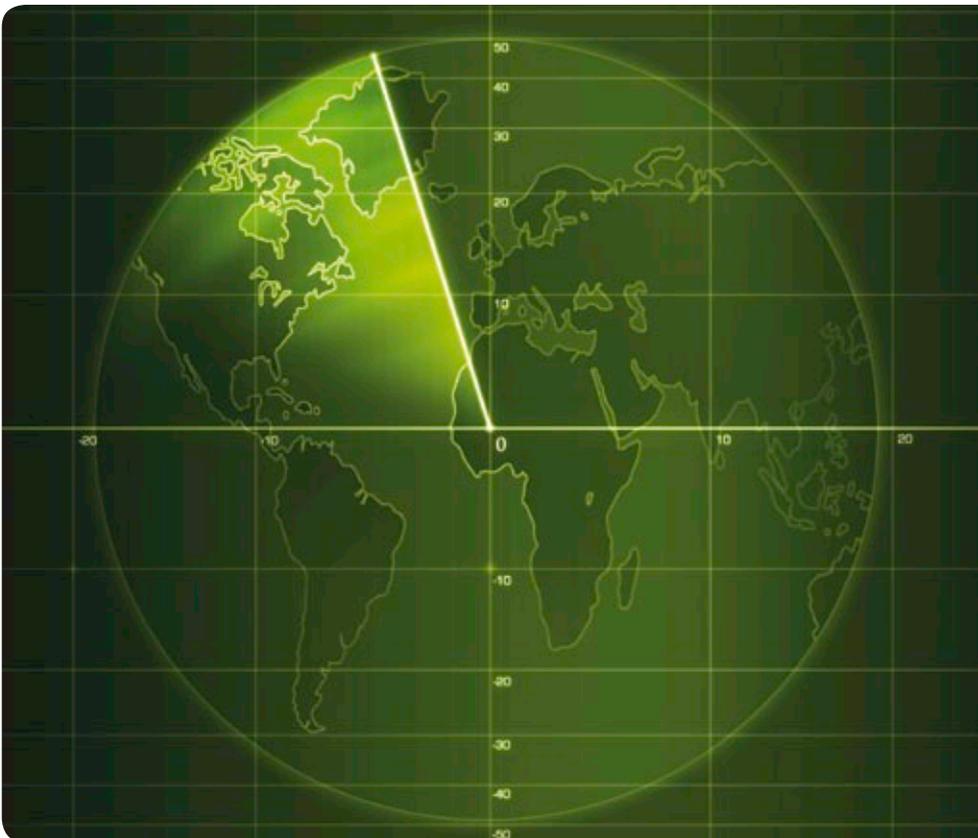
## Der Nano-NachhaltigkeitsCheck des Öko-Instituts

Im Rahmen der aktuellen Debatte um die Chancen und Risiken nanotechnologischer Anwendungen werden die möglichen Beiträge zu einer nachhaltigen Entwicklung zunehmend kontrovers diskutiert. Eine Versachlichung der Debatte ist nötig. Sie kann jedoch nur auf Grundlage fallspezifischer, am gesamten Lebenszyklusprinzip ausgerichteter und möglichst quantitativer Chancen-Risiko-Abwägungen erfolgen. Die methodischen Grundlagen für eine solche systemische Bewertung fehlen jedoch bislang.

Vor diesem Hintergrund stellt das Öko-Institut mit dem Nano-NachhaltigkeitsCheck ein Instrument vor, das ein einheitliches Raster zur integrierten Nachhaltigkeitsbewertung von nanotechnologischen Anwendungen bietet. Aufgrund der gewählten Herange-

hensweise eignet sich der Nano-NachhaltigkeitsCheck als strategisches Radar für das Management der Chancen und Risiken, um beispielsweise einerseits Umweltbelastungseffekte und neue Märkte identifizieren zu können, andererseits Fehlinvestitionen sowie Gefahren für die Gesellschaft möglichst zu vermeiden.

Unternehmen, die Nanoprodukte entwickeln oder herstellen, können mit dem NachhaltigkeitsCheck eigenes unternehmerisches Handeln selbst evaluieren. In der vorliegenden Broschüre werden neben der Beschreibung der methodischen Vorgehensweise auch die Ergebnisse zweier Fallbeispiele vorgestellt, die in einer Pilotuntersuchung den Nano-NachhaltigkeitsCheck erstmalig angewendet haben.



# Überprüfung des nachhaltigen Nutzens: Die Methode

Ziel des Nano-NachhaltigkeitsChecks ist es, Produkte und Anwendungen mit Nanomaterialien auf ihren konkreten Nutzen unter Nachhaltigkeitsaspekten zu überprüfen. Im Zentrum steht ein Bewertungsraster, mit dem Nanoprodukte (das heißt Produkte, die mit Nanomaterialien erzeugt werden) im Vergleich zu einem bereits existierenden Referenzprodukt ohne Einsatz von Nanomaterialien analysiert werden können. Darüber hinaus ist das Bewertungsraster auch in der Lage, etwaige Risiken zu adressieren.

Methodisch basiert der Nano-NachhaltigkeitsCheck auf PROSA, einem am Öko-Institut entwickelten Tool zur strategischen

Analyse und Bewertung von Produktportfolios, Produkten und Dienstleistungen. PROSA (Product Sustainability Assessment) berücksichtigt den kompletten Lebenszyklus, analysiert und bewertet die ökologischen, ökonomischen und sozialen Chancen und Risiken zukünftiger Entwicklungspfade. Mit der zu Grunde gelegten integrierten Sichtweise hilft PROSA, System-Innovationen und Handlungsoptionen in Richtung einer nachhaltigen Entwicklung zu identifizieren und strukturiert die hierfür erforderlichen Entscheidungsprozesse.

Weitere Informationen: [www.prosa.org](http://www.prosa.org)

## Der Schlüssel zur Bewertung: Die Indikatoren

Die beim Nano-NachhaltigkeitsCheck betrachteten Aspekte werden in Form von Schlüsselindikatoren abgebildet. Im Zentrum stehen dabei Gesichtspunkte des Umwelt- und Klimaschutzes, die möglichst quantitativ betrachtet werden. Darüber hinaus werden auch Fragen aus dem Bereich Arbeits- und Gesundheitsschutz, Nutzenaspekte sowie sozio-ökonomische Aspekte

untersucht. Aufgrund der Komplexität der Fragestellungen ist bei diesen Gesichtspunkten oftmals nur eine qualitative Bewertung möglich. Durch konkret formulierte Kriterien und Leitfragen wird jedoch auch hier die qualitative Betrachtungsweise in eine halbquantitative, vergleichende Bewertung zwischen Nano- und Referenzprodukt überführt.



# Stärken und Schwächen: Die Ergebnisauswertung

Die Ergebnisse der einzelnen Schlüsselindikatoren werden in einer einheitlichen Darstellung zusammengefasst. Dazu wird die ursprünglich aus der Betriebswirtschaft stammende „SWOT-Analyse“ aufgegriffen und für die Zwecke des Nano-NachhaltigkeitsCheck angepasst. Das etablierte Werkzeug des strategischen Managements verbindet eine nach innen gerichtete Stärken-/Schwächen-Analyse mit einer auf Umfeldfaktoren bezogene Chancen-/Risiken-Analyse.

Beim Nano-NachhaltigkeitsCheck bezieht sich die Stärken-/Schwächen-Analyse auf die intrinsischen Eigenschaften und Potenziale des Produkts, zum Beispiel in Hinblick auf CO<sub>2</sub>-Fußabdruck, Gebrauchsnutzen und Lebenszykluskosten. Ergänzend dazu berücksichtigt die Chancen-/Risiken-Analyse externe Rahmenbedingungen wie Beschäftigungswirkung, Gesellschaftlichen Nutzen und Risikowahrnehmung. Jeder einzelne Schlüsselindikator wird jeweils einer dieser beiden Ebenen im Vergleich zwischen Nano- und Referenzprodukt zugeordnet.

Schneidet beispielsweise das Nanoprodukt beim CO<sub>2</sub>-Fußabdruck im Vergleich zum Referenzprodukt besser ab, handelt es sich bei diesem Schlüsselindikator um eine Stärke. Fällt hingegen die Beschäftigungswirkung geringer aus als beim Referenzprodukt, liegt bei diesem Schlüsselindikator ein Risiko vor. Liegt der Indikator bei beiden Produkten gleichauf, wird dieser als indifferent gewertet und separat ausgewiesen. Auf diese Weise entsteht eine „Nano-SWOT-Matrix“ als zentrales Instrument der Ergebniskommunikation. Eine weitergehende Aggregation der Ergebnisse, zum Beispiel zu einer Ein-Punkt-Bewertung, findet nicht statt, da die alleinige Kommunikation dieses Ergebnisses mit einem zu hohen Informationsverlust verbunden wäre.

Auf der Grundlage der Nano-SWOT-Matrix können schließlich Empfehlungen zur strategischen Optimierung der untersuchten Anwendung erarbeitet werden. Ziel dabei ist es, die positiven Nachhaltigkeitspotenziale der Stärken und Chancen zu maximieren und gleichzeitig mögliche negative Effekte aus Schwächen und Risiken zu minimieren.



## 14 Schlüsselindikatoren des Nano-NachhaltigkeitsCheck

### Umwelt- und Klimaschutz

- CO<sub>2</sub>-Fußabdruck ("Product Carbon Footprint")
- Energieeffizienz
- Recyclingfähigkeit

### Arbeits- und Gesundheitsschutz

- Exposition am Arbeitsplatz
- Risikoabschätzung für Mensch und Umwelt
- Störfallaspekte

### Nutzenaspekte

- Gebrauchsnutzen
- Symbolischer Nutzen
- Gesellschaftlicher Nutzen

### Sozio-ökonomische Aspekte

- Beschäftigungswirkung
- Lebenszykluskosten
- Rechtliche Rahmenbedingungen und Forschungsförderung
- Ressourcenverfügbarkeit
- Risikowahrnehmung

# Fallbeispiel: pro.Glass® Barrier 401

Bei pro.Glass Barrier 401 der Firma Nanogate Industrial Solutions GmbH handelt es sich um eine Oberflächenbeschichtung für Glas mit hoher UV-Schutzwirkung. Diese Schutzwirkung wird durch einen Überzug aus nanoskaligem Zinkoxid in einem lösungsmittelbasierten Lacksystem erreicht. Das flüssige Material ist für die Tauchbeschichtung von Flachglas konzipiert und härtet bei Temperaturen um 200°C aus. Danach ist die Beschichtung abriebfest, lösemittel- und hydrolysebeständig, hoch transparent und optisch neutral. pro.Glass Barrier 401 ist sowohl für Schaufenster als auch für Museumsgläser, Bilderrahmen-Gläser und Vitrinen geeignet und schützt die jeweiligen Exponate vor schädlichen UV-Strahlen. Im Rahmen des Fallbeispiels wird ein mit pro.Glass Barrier 401 beschichtetes Flachglas als Nanoprodukt mit einem Referenzprodukt verglichen, bei dem ein organischer UV-Absorber verwendet wird.

## Das Ergebnis

Bei der Auswertung ergeben sich für das Nanoprodukt Stärken bei den Schlüsselindikatoren „CO<sub>2</sub>-Fußabdruck“, „Energieeffizienz“, „Gebrauchsnutzen“, „Lebenszykluskosten“ (hier speziell bei den Anschaffungskosten) und „Symbolischer Nutzen“. Bei den Schlüsselindikatoren „Risikoabschätzung für Mensch und Umwelt“ und „Störfallaspekte“ zeigen sich hingegen im Vergleich zum Referenzprodukt Schwächen. Chancen ergeben sich im Bereich der Risikowahrnehmung. Risiken können in der SWOT-Analyse nicht identifiziert werden.

Die Ergebnisse der SWOT-Analyse für pro.Glass Barrier 401 im Überblick:

### + Stärken

CO<sub>2</sub>-Fußabdruck  
Energieeffizienz  
Gebrauchsnutzen<sup>2</sup>  
Lebenszykluskosten  
Symbolischer Nutzen<sup>2</sup>

### - Schwächen

Risikoabschätzung für Mensch und Umwelt<sup>1</sup>  
Störfallaspekte<sup>1</sup>

### + Chancen

Risikowahrnehmung<sup>2</sup>

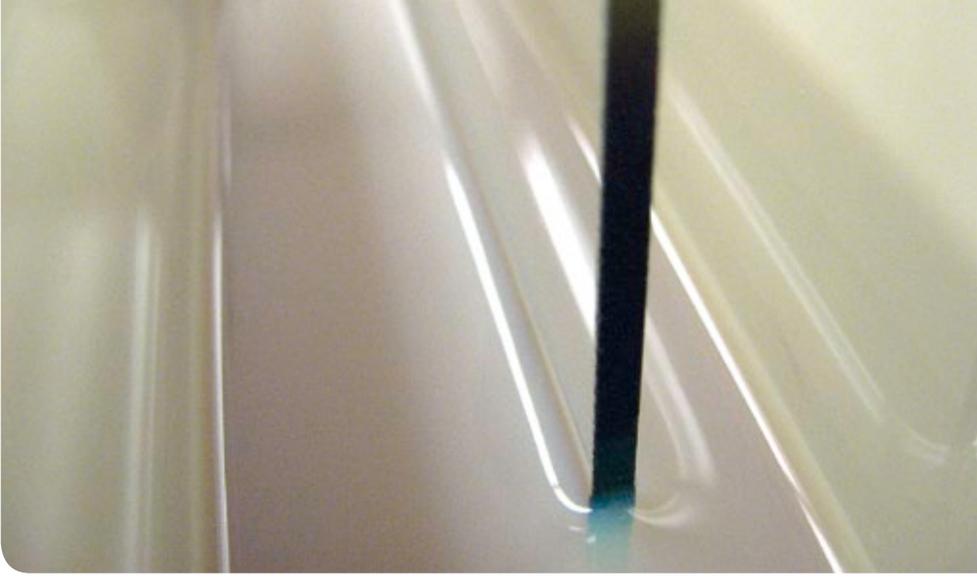
### - Risiken

### \* indifferente Schlüsselindikatoren

Beschäftigungswirkung  
Exposition am Arbeitsplatz<sup>1</sup>  
Gesellschaftlicher Nutzen<sup>2</sup>  
Rechtliche Rahmenbedingungen und Forschungsförderung  
Recyclingfähigkeit  
Ressourcenverfügbarkeit<sup>1</sup>

1 Bezugsebene für diesen Schlüsselindikator ist die Herstellung und Verarbeitung des flüssigen Beschichtungsmaterials

2 Bezugsebene für diesen Schlüsselindikator ist der Gebrauch der beschichteten Glasscheibe



## Die Analyse im Einzelnen:

- Ursache für das bessere Abschneiden von pro.Glass Barrier 401 sowohl beim CO<sub>2</sub>-Fußabdruck als auch bei der Energieeffizienz: Seine um circa 50 Prozent längere Haltbarkeit der UV-Schutzwirkung. Hierdurch kann eine entsprechende Menge an beschichtetem Glas eingespart werden, wenn beim Referenzprodukt ein Glasersatz nötig wird. Dadurch ergibt sich eine signifikante Einsparung von circa 30 Prozent beim CO<sub>2</sub>-Fußabdruck: Pro Tonne beschichtetes Flachglas können so beim Nano-Produkt 665 Kilogramm CO<sub>2</sub> eingespart werden. Da insgesamt weltweit jedoch nur etwa 1.000 Tonnen UV-absorbierendes Glas produziert werden, ergeben sich im globalen Kontext keine signifikanten CO<sub>2</sub>-Minderungspotenziale. Auch die geringere Härtetemperatur – 200° statt 450° Celsius – hat positive Auswirkungen auf den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck und die Energieeffizienz.
- Für den Gebrauchsnutzen ergibt sich ein deutlicher Kundenvorteil, der wesentlich auf die längere Haltbarkeit und Erleichterungen bei Reinigung und Pflege zurückzuführen ist.
- Beim Symbolischen Nutzen weist das Nanoprodukt eine Stärke aufgrund der geringeren Eigenfärbung im Vergleich zum Referenzprodukt auf. Auch wird die „Modernität“ des Produkts vom Unternehmen als Stärke eingeschätzt.
- Darüber hinaus wird die Risikowahrnehmung als Chance eingestuft, da Nanogate sowohl im Forschungsbereich zur Klärung offener human- und ökotoxikologischer Fragen als auch hinsichtlich der Diskussion um Regulierungsaspekte und Öffentlichkeitsarbeit insgesamt stark engagiert ist.

Die Bewertung mehrerer Schlüsselindikatoren zeigt: Die längere Haltbarkeit der UV-absorbierenden Eigenschaft des Endprodukts führt zu einer entsprechend längeren Haltbarkeit des Produkts. Wird die Verwendungsdauer der Gläser jedoch verkürzt (zum Beispiel durch Glasbruch), würde sich dies entsprechend auch auf die Ergebnisse der SWOT-Analyse auswirken. Zudem sind die Schlüsselfaktoren selbst für jeweils unterschiedliche Akteure verschieden relevant. „Störfallaspekte“ beispielsweise spielen vor allem für die Hersteller, nicht aber für die Käufer der beschichteten Glasscheibe eine Rolle (siehe Fußnoten in der SWOT-Matrix).

## Strategische Optimierung

Bei den Störfallaspekten ergibt sich bei der Herstellung des flüssigen Beschichtungsmaterials ein erhöhter Vorsorgebedarf zum Schutz der Arbeiter. Denn in der Anlage und im Betriebsbereich können mögliche störfallauslösende Gefahrstoffe und Nanomaterialien vorhanden sein. Anhand von regelmäßig durchgeführten Gefährdungsbeurteilungen in Verbindung mit den nötigen Sicherheitsvorkehrungen ist jedoch ein sicheres Arbeiten mit hoher Zuverlässigkeit gewährleistet. Die Risikoabschätzung für Mensch und Umwelt hinsichtlich der Verarbeitung des Flüssigmaterials wurde als Schwäche eingeordnet, da keine nano-spezifische Entsorgung der Abfallstoffe vorgesehen ist. Hier besteht Klärungsbedarf, ob bei der Entsorgung sowohl des Tauchbades als auch des UV-beschichteten Glases ein Risiko für Mensch oder Umwelt entstehen könnte und wie dieses verringert werden kann. Darüber hinaus kann auch durch das langjährige Engagement von Nanogate im Bereich der Erforschung offener human- und öko-toxikologischer Fragen eine weitere Reduzierung vorhandener Unsicherheiten erreicht werden.

# Fallbeispiel:

## X-SEED®

Untersucht wurde ein Betonfertigteile, bei dessen Herstellung der Erhärtungsbeschleuniger X-SEED der Firma BASF SE zugesetzt wird. X-SEED besteht aus anorganischen Nanomaterialien (Calciumsilikathydrat) mit einer breiten Partikelgrößenverteilung, wobei circa zehn bis 30 Prozent der Partikel kleiner als 100 nm sind.

Im Rahmen des Fallbeispiels wird ein mittels X-SEED hergestelltes Betonfertigteile (Nanoprodukt) mit einem herkömmlichen Produkt ohne Beschleuniger verglichen, wobei ein Material- sowie ein Energie-Szenario betrachtet werden:

- Im Material-Szenario wurde als Referenzprodukt für den Vergleich ein Betonfertigteile (ein Kubikmeter) mit einem Zementgehalt (Zementtyp CEM I) von 400 Kilogramm/Kubikmeter als typische Rezeptur für Betonfertigteile angenommen. Beim Nanoprodukt kann dank des durch X-SEED optimierten Erhärtungsprozesses ein weniger umweltbelastender Zementtyp (geringerer Klinkeranteil) verwendet werden (CEM II ersetzt CEM I).
- Das Energie-Szenario basiert hinsichtlich des Referenzprodukts auf denselben Annahmen, beleuchtet allerdings die schnellere Betonerhärtung durch eine zusätzliche Beheizung beim Referenzprodukt. Beim Nanoprodukt mit gleicher Betonrezeptur (CEM I, aber mit X-SEED) kann bei gleicher Härtungsgeschwindigkeit auf die Zufuhr von Heizenergie verzichtet werden. Dies führt zu einer deutlichen Energieeinsparung.

## Das Ergebnis

Die Untersuchung kommt zu dem Ergebnis, dass in beiden Szenarien die meisten Schlüsselindikatoren als Stärke bzw. als Chance für X-SEED zu werten sind. Als einzige Schwäche sind im Material-Szenario die Lebenszykluskosten von X-SEED zu verzeichnen, während diese im Energie-Szenario als weitere Stärke zu sehen sind. Zu den indifferenten Schlüsselindikatoren zählen in beiden Szenarien „Exposition am Arbeitsplatz“, „Rechtliche Rahmenbedingungen und Forschungsförderung“, „Recyclingfähigkeit“ sowie „Ressourcenverfügbarkeit“.

Die Ergebnisse der SWOT-Analyse für X-SEED (Material-Szenario) im Überblick:

### + Stärken

CO<sub>2</sub>-Fußabdruck  
Energieeffizienz  
Gebrauchsnutzen  
Risikoabschätzung für Mensch und Umwelt  
Symbolischer Nutzen  
Störfallaspekte

### - Schwächen

Lebenszykluskosten

### + Chancen

Beschäftigungswirkung  
Gesellschaftlicher Nutzen  
Risikowahrnehmung

### - Risiken

### ★ indifferente Schlüsselindikatoren

Exposition am Arbeitsplatz  
Rechtliche Rahmenbedingungen und Forschungsförderung  
Recyclingfähigkeit  
Ressourcenverfügbarkeit



## Die Analyse im Einzelnen:

- Im Vergleich zum Referenzprodukt können beim Einsatz von X-SEED sowohl im Material-Szenario als auch im Energie-Szenario in erheblichem Umfang Treibhausgase eingespart werden. Rechnet man beispielsweise im Material-Szenario die spezifischen CO<sub>2</sub>-Einsparungen pro Kubikmeter Beton auf den europäischen Markt für Betonfertigteile hoch, so können mit X-SEED perspektivisch pro Jahr bis zu rund 2,7 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub> eingespart werden. Dies beruht auf der vorsichtigen Annahme, dass bei etwa 90 Millionen Kubikmetern Fertigteilbeton rund die Hälfte davon bei Verwendung von X-SEED auf klinkerreduzierte Zemente umgestellt werden kann. Beim Energie-Szenario beträgt das CO<sub>2</sub>-Einsparpotenzial pro Jahr etwa 1,2 Millionen Tonnen. Hier wird davon ausgegangen, dass rund 25 Prozent der Betonfertigteile in Europa zur Beschleunigung der Erhärtung zusätzlich mit Wärme behandelt werden. Um dieses Einsparpotenzial auch realisieren zu können, muss auf die Wärmezufuhr allerdings tatsächlich verzichtet werden. Eine dennoch durchgeführte Erwärmung zugunsten eines noch schnelleren Herstellungsprozesses würde die Treibhausgas-Einspareffekte wieder zunichte machen.
- Bei den Nutzenaspekten birgt mit X-SEED versetzter Beton leichte Vorteile gegenüber dem Referenzprodukt. So weist er reduzierte Bewegungseigenschaften von Chemikalien im Beton auf und schont abiotische Ressourcen wie Kalkstein und Ton. Beim Gebrauchsnutzen ist die hohe Robustheit der Betonfertigteile hervorzuheben und als Beitrag zum Symbolischen Nutzen die Gestaltung schönerer Betonoberflächen zu nennen.
- Bei der Risikowahrnehmung ist von einer Chance für X-SEED auszugehen. So weist das Nanoprodukt nur geringe oder keine nanospezifischen Risiken für Mensch und Umwelt auf. Dies ist darauf zurückzuführen, dass X-SEED in Lösung hergestellt und verkauft wird und dass die zugesetzten Nanomaterialien nach dem Erhärtungsprozess chemisch fest eingebunden sind. BASF ist aufgrund seiner Position im Produktumfeld sowie der bereits ergriffenen Maßnahmen zum Risikomanagement und zur Risikokommunikation in der Lage, angemessen auf die gesellschaftliche Risikowahrnehmung einzugehen.

## Strategische Optimierung

Bedingt durch die aktuellen Kosten von X-SEED schneidet das Nanoprodukt im Material-Szenario bei den Lebenszykluskosten schwächer als das Referenzprodukt ab. Wenngleich der Wert der aufgezeigten, insgesamt positiven Nachhaltigkeitseffekte von Beton mit X-SEED diese Kosten durchaus zu rechtfertigen vermag, kann sich der Unterschied bei der Erschließung der CO<sub>2</sub>- und Energieeinsparpotenziale als nachteilig erweisen. Ein damit relevantes Optimierungspotenzial ist daher zum einen die Sensibilisierung der Märkte auf den Wert der positiven Nachhaltigkeitseffekte und zum anderen kontinuierliche Einsparungen bei den Produktkosten.

## Zusammenfassung und Ausblick



Im Rahmen der Fallbeispiele konnte gezeigt werden, dass mit Hilfe des Nano-NachhaltigkeitsChecks eine differenzierte Bewertung eines Nano- im Vergleich zu einem Referenzprodukt möglich ist. Obwohl es sich in beiden Fällen um Produkte handelt, die sich noch in der Phase der Markteinführung befinden, konnten für die Schlüsselindikatoren die erforderlichen Daten ermittelt werden. Die Fallbeispiele zeigen auch, dass derzeit auch Nanoprodukte mit erheblichen Umweltentlastungspotenzialen entwickelt werden, deren CO<sub>2</sub>-Einsparpotenzial perspektivisch eine Million Tonnen CO<sub>2</sub> pro Jahr überschreiten kann. Sowohl für Großunternehmen wie BASF als auch für kleinere und mittlere Unternehmen wie Nanogate steht damit ein Instrument zur Verfügung, mit dem entwicklungsbegleitend die vorhandenen Potenziale nanotechnologischer Anwendungen konkretisiert und systematisch erschlossen werden können. Darüber hinaus können frühzeitig noch bestehende Wissenslücken und gegebenenfalls vorhandene Risiken erkannt sowie geeignete Lösungsstrategien entwickelt werden. Der Nano-NachhaltigkeitsCheck bietet den Anwendern die Funktion eines Frühwarnsystems und leistet damit einen wichtigen Beitrag zur Richtungssicherheit im Innovationsprozess von Nanoprodukten.

## Weitere Informationen zu Chancen und Risiken der Nanotechnologie:

Positionspapier „Chancen der Nanotechnologien nutzen!  
Risiken rechtzeitig erkennen und vermeiden!“  
[www.oeko.de/nano\\_positionspapier](http://www.oeko.de/nano_positionspapier)

Broschüre „Nano Maßstäbe“  
[www.oeko.de/nano\\_masstaebe](http://www.oeko.de/nano_masstaebe)

Ergebnisse des wissenschaftlichen Jahrestagung Nanotechnologien 2010  
[www.oeko.de/nano\\_jahrestagung](http://www.oeko.de/nano_jahrestagung)

Website-Special Nanotechnologien  
[www.oeko.de/nano](http://www.oeko.de/nano)

Technische Informationen zu pro.Glass Barrier 401  
[www.nanogate.de/de/downloads/pro\\_Glas\\_Barrier\\_UV\\_401\\_D.pdf](http://www.nanogate.de/de/downloads/pro_Glas_Barrier_UV_401_D.pdf)

BASF Wissenschaft populär: Vom Nanokristall zum Betonbauteil  
[www.basf.com/wissenschaftpopulaer/xseed](http://www.basf.com/wissenschaftpopulaer/xseed)

## Ansprechpartner

### **Ansprechpartner für die Methode**

Öko-Institut e.V.  
Martin Möller  
Institutsbereich Produkte & Stoffströme  
Tel.: +49 761 45295-56  
[m.moeller@oeko.de](mailto:m.moeller@oeko.de)

### **Ansprechpartner für das Fallbeispiel pro.Glass Barrier 401**

Nanogate Industrial Solutions GmbH  
Dr. Alexander Kurz  
Tel.: +49 6825 9591-523  
[alexander.kurz@nanogate.com](mailto:alexander.kurz@nanogate.com)

### **Ansprechpartner für das Fallbeispiel X-SEED**

BASF Construction Chemicals Europe AG  
Dr. Michael Kompatscher  
Tel.: +41 58 958 23 48  
[michael.kompatscher@basf.com](mailto:michael.kompatscher@basf.com)

Öko-Institut e.V.  
Geschäftsstelle Freiburg  
Postfach 1771  
D-79017 Freiburg  
Merzhauser Straße 173  
D-79100 Freiburg  
Tel.: +49 761 45295-0  
Fax: +49 761 45295-88

info@oeko.de  
www.oeko.de

Nanogate Industrial Solutions GmbH  
Zum Schacht 3  
D-66287 Göttelborn  
Tel.: +49 6825 9591-0  
Fax: +49 6825 9591-852

info@nanogate.com  
www.nanogate.com

BASF Construction Chemicals Europe AG  
Vulkanstrasse 110  
CH-8048 Zürich  
Tel.: +41 58 958 23 48  
Fax: +41 58 958 33 48

michael.kompatscher@basf.com  
www.basf.com

Dieses Projekt wurde gefördert durch:



Bundesministerium  
für Umwelt, Naturschutz  
und Reaktorsicherheit

Umwelt  
Bundes  
Amt   
Für Mensch und Umwelt