

**NanoDialog**  
der Bundesregierung

# **Chancen und Risiken der Anwendung von Nanotechnologien im Baubereich**

Zusammenfassung

23./24. November 2016

Autoren: Antonia Reihlen & Dirk Jepsen

Impressum:

ÖKOPOL GmbH  
Institut für Ökologie und Politik

Nernstweg 32–34  
D – 22765 Hamburg

[www.oekopol.de](http://www.oekopol.de)  
[info@oekopol.de](mailto:info@oekopol.de)

Tel.: ++ 49-40-39 100 2 0  
Fax: ++ 49-40-39 100 2 33

## Inhalt

<b>1</b>	<b>Hintergrund</b> .....	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Ablauf</b> .....	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Regulierung von Bauprodukten</b> .....	<b>5</b>
3.1	<i>Bauproduktenverordnung</i> .....	5
3.2	<i>Nationale Zulassung</i> .....	6
3.3	<i>Zuständigkeiten der Länder</i> .....	7
3.4	<i>Überschneidungen mit der Biozidprodukteverordnung</i> .....	8
<b>4</b>	<b>Mögliche Nutzen und Risiken von Nano-Bauprodukten</b> .....	<b>8</b>
4.1	<i>Umweltwirkungen</i> .....	8
4.2	<i>Nutzen und Risiken im Arbeitsschutz</i> .....	10
4.3	<i>Verbraucher</i> .....	11
4.4	<i>Kommunikation von Nutzen</i> .....	12
4.5	<i>Abfallphase</i> .....	13
<b>5</b>	<b>Verwendungsbereiche und Produktbeispiele</b> .....	<b>13</b>
<b>6</b>	<b>Forschung</b> .....	<b>16</b>
<b>7</b>	<b>Schlussfolgerungen</b> .....	<b>16</b>

## 1 Hintergrund

Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit organisiert seit 2006 einen Stakeholderdialog zu Chancen und Risiken der Anwendung von Nanotechnologien. Der Dialog fand zunächst in Form einer regelmäßig tagenden Kommission statt, die zu ihrer Unterstützung Arbeitsgruppen einsetzte. Seit 2011 wird der NanoDialog im Rahmen 2-tägiger FachDialoge durchgeführt. Im Juni 2016 begann die 5. Dialogphase mit einer Konferenz, auf welcher 10 Jahre Diskussion reflektiert und Themen für die aktuelle Dialogphase gesammelt wurden. Unter anderem wurde die Anwendung von Nanomaterialien im Baubereich als Thema vorgeschlagen. Da der Baubereich durch die großen Materialflüsse eine hohe Umweltrelevanz hat und außerdem dem Umweltministerium im Dezember 2013 die Zuständigkeit für das Bauressort übertragen wurde, ist dieses Thema für die erste Diskussionsveranstaltung der 5. Dialogphase ausgewählt worden.

## 2 Ablauf

Der FachDialog zu Chancen und Risiken der Anwendung von Nanotechnologien im Baubereich gliederte sich in 5 inhaltliche Themenblöcke:

- Impulse zu Perspektiven unterschiedlicher Stakeholder auf das Thema
- Regulierung von Nanomaterialien in Bauprodukten: Vorstellung und Diskussion der Bauproduktenverordnung (VO (EU) 305/2011), des dazugehörigen Normungsverfahrens und des nationalen Zulassungsverfahrens
- Überblick über Chancen und Risiken: Aspekte des Arbeitnehmerschutzes, der Umweltbewertung und der Abfallbehandlung von Nano-Bauprodukten
- Konkrete Anwendungsbereiche: Überblick über bekannte bereits praktizierte oder geplante Anwendungen; Vorstellung von Nutzen und Untersuchung möglicher Risiken konkreter Nano-Bauprodukte aus unterschiedlichen Anwendungsfeldern
- Ausblick: Forschungsprojekte zur Anwendung von Nanomaterialien im Baubereich

Die Vorträge der Referentinnen und Referenten stehen im Internet zum [Download](#) zur Verfügung.

## 3 Regulierung von Bauprodukten

### 3.1 Bauproduktenverordnung

Die Regulierung von Bauprodukten im Rahmen der EU-Bauproduktenverordnung sowie des dazugehörigen Normenwerks und das nationale Zulassungsverfahren für Bauprodukte wurden in zwei Vorträgen ausführlich erläutert. Für Details zu den Regelungen sei auf das Hintergrunddokument zum FachDialog sowie die beiden Vorträge zur [Bauproduktenverordnung](#) und [Normung](#) verwiesen.

Durch die Vorträge wurde deutlich, dass die Anpassung der Vorgaben in der Bauproduktenverordnung und den Normen bezüglich des Umwelt- und Gesundheitsschutzes generell bisher nur langsam vorangeschritten ist. Dies zeigt sich unter anderem daran, dass viele Normungsmandate und harmonisierte Normen für Produkte noch nicht aktualisiert wurden. In Bezug auf die EU-weite Regulierung von Nanomaterialien im Rahmen der Bauproduktenverordnung wurden verschiedene Erkenntnisse herausgearbeitet:

- Nanomaterialien (mit ggf. gefährlichen Eigenschaften) werden grundsätzlich von den Vorgaben der Bauproduktenverordnung zu „sicheren Gebäuden“ in Bezug auf den Umwelt- und Gesundheitsschutz erfasst.
- Es gibt allerdings weder eine Definition von Nanomaterialien noch spezielle Anforderungen für Nanomaterialien im Wortlaut der Bauproduktenverordnung.
- Die europäische Liste der gefährlichen Stoffe, die in Bauprodukten verwendet und bei der Normungsarbeit berücksichtigt werden sollen, enthält keine Nanomaterialien bzw. unterscheidet nicht nach der Größe von Stoffen. In den produktspezifischen Normen sind deshalb keine Anforderungen enthalten, die (bestimmte ggf. gefährliche) Nanomaterialien adressieren.
- Die horizontalen Normen zur Emissionsmessung gefährlicher Stoffe und zur einheitlichen Terminologie sind nicht auf die Belange von Nanomaterialien abgestimmt.
- Da im Rahmen der Registrierung unter REACH Nanomaterialien derzeit in der Regel nicht ausreichend identifiziert und charakterisiert werden und in Sicherheitsdatenblättern die (Nano-)Form von Stoffen nicht gesondert kommuniziert werden muss, erhalten die Akteure in der Baubranche in der Regel keine Informationen darüber, ob in den Produkten (Stoffe, Gemische oder Erzeugnisse), die sie als Rohstoffe verwenden, Nanomaterialien enthalten sind.
- Sollen (bestimmte gefährliche) Nanomaterialien in Normen berücksichtigt

werden, müssen entsprechende Bauwerksanforderungen in den Mitgliedsstaaten vorhanden sein, an die EU notifiziert werden und in den Prozess der Definition eines Normungsmandates einfließen. Eine solche Situation gibt es derzeit nicht, d. h., es hat bislang kein Mitgliedsstaat eine solche Regelung notifiziert.

- Von der Erteilung eines Normungsmandats bis zur Veröffentlichung einer daraus entwickelten Produktnorm vergehen mehrere Jahre. Mögliche Anpassungen oder die Entwicklung neuer Normen, die Nanomaterialien und ihre Umwelt- und Gesundheitswirkungen berücksichtigen, würden dementsprechend erst deutlich zeitverzögert Wirkung entfalten.

### **3.2 Nationale Zulassung**

Die Bandbreite der Bauprodukte, die einer nationalen, baurechtlichen Zulassung (allgemeine bauaufsichtliche Zulassung) unterliegen, ist durch eine Entscheidung des Europäischen Gerichtshofes eingeschränkt worden. Nunmehr dürfen lediglich die Produkte, für die keine EU-weit harmonisierten Anforderungen existieren, national zugelassen werden<sup>1</sup>. In Deutschland ist das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt) die nationale Zulassungsstelle.

In den Zulassungsgrundsätzen für den Gesundheits- und Umweltschutz des DIBt werden das Konzept, die Analysemethoden und das Prüfprogramm für die verschiedenen Bauprodukte festgelegt. Die Vorlage entsprechender Nachweise für ein Bauprodukt durch dessen Hersteller bzw. Inverkehrbringer ist Voraussetzung für eine nationale Zulassung. Die Zulassungsgrundsätze enthalten bislang keine Kriterien oder Anforderungen, die sich auf (bestimmte gefährliche) Nanomaterialien beziehen.

Der Gehalt an Nanomaterialien in Bauprodukten kann aus der für die Zulassung der Produkte notwendigen Rezepturaufschlüsselung, die dem DIBt ebenfalls vorgelegt werden muss, derzeit nur teilweise ermittelt werden. Eine Bewertung der Umwelt- und Gesundheitswirkungen von Bauprodukten findet im Zulassungsverfahren, unter anderem durch die Anwendung des AgBB Schema sowie weiterer Prüf Aspekte statt. Die Entsorgung von Bauprodukten und damit möglicherweise verbundene Risiken fließen allerdings nicht in die Prüfung und Zulassungsentscheidung ein, da lediglich die Leistungen in der Nutzungsphase für die Sicherheit eines Gebäudes relevant sind.

---

<sup>1</sup> Vor dem Gerichtsurteil wurden in Deutschland auch Produkte zugelassen, für die EU-weite Normen zwar existierten, die aber in Bezug auf die Anforderungen an die Umwelt- und Gesundheitsverträglichkeit mangelhaft waren (keine Anforderungen definiert).

In der Diskussion um die Regulierung wurde deutlich, dass es für „außenstehende“ Akteure sehr schwierig zu verstehen ist, welche Produkte durch EU-Normen abgedeckt sind, welche national zugelassen sind und welche gar keinen speziellen Prüfanforderungen unterliegen. Zudem ist auch unklar, welche materiellen Anforderungen in den Normen und/oder bauaufsichtlichen Zulassungen jeweils adressiert werden.

So gibt es derzeit keine Liste aller EU-Produktnormen, die Erläuterungen enthält,

- welche Produktarten durch die jeweiligen Normen abgedeckt sind und welche nicht bzw. ob Ausnahmen bestehen<sup>2</sup>;
- ob eine EU-Produktnorm bereits (hinsichtlich der Umwelt- und Gesundheitsanforderungen) überarbeitet ist und wenn nein, wann mit der Veröffentlichung einer aktualisierten Norm zu rechnen ist;
- für welche Produktarten eine nationale Zulassung zu beantragen ist bzw. für welche Produktarten keine Prüfung und Bewertung durchgeführt werden muss.

Eine derartige Zusammenstellung wäre für alle Akteure sehr hilfreich, um die Prozesse auf EU-Ebene besser vorhersehen und (Transparenz) ggf. an der Erarbeitung von Normen mitarbeiten zu können sowie Sicherheit darüber zu haben, wie ein Bauprodukt zu gestalten und zu prüfen ist.

### **3.3 Zuständigkeiten der Länder**

Im Rahmen des Bauordnungsrechts regeln die Länder die Anforderungen an die Errichtung und Sicherheit von Bauwerken und beeinflussen damit auch, welche Bauprodukte genutzt werden können. Die jeweiligen Landesbauordnungen orientieren sich in ihren Vorgaben an der Musterbauordnung.

Die Länder sind außerdem dafür zuständig, die Umsetzung der gesetzlichen Regelungen, konkret der Vorgaben der Bauproduktenverordnung, zu kontrollieren, also eine Marktüberwachung für Bauprodukte zu implementieren. Nach Aussagen der Ländervertreter beim FachDialog wird allerdings üblicherweise lediglich überprüft, ob die CE-Kennzeichnungen der Bauprodukte, die bei Einhaltung der jeweils gültigen Normen auf dem Produkt anzubringen ist, den Vorgaben der Bauproduktenverordnung entsprechen. Den Ländern stünden leider für die Überwachung von Bauprodukten nur sehr begrenzte Ressourcen zur Verfügung.

---

<sup>2</sup> Aus den Titeln der Normen ist oft nicht eindeutig abzuleiten, welche Produktarten tatsächlich von einer Norm abgedeckt sind.

### **3.4 Überschneidungen mit der Biozidprodukte-Verordnung**

Die Teilnehmenden am FachDialog stellten verschiedentlich fest, dass es eine unklare Schnittstelle zwischen dem Anwendungsbereich der EU-Biozidverordnung und der EU-Bauproduktenverordnung gibt. Dies wurde insbesondere in der Diskussion um Oberflächenbeschichtungen, die (auch) antimikrobielle Wirkungen haben, deutlich. Hier sei unklar, welcher Regelung ein Produkt unterliefe und welche Anforderungen zu erfüllen seien.

Es wurde erläutert, dass Produkte, die nach Biozidprodukteverordnung ein Biozidprodukt sind, in jedem Fall die dort festgelegten Anforderungen erfüllen müssen. Eine weitere Prüfung bezüglich des Umwelt- und Gesundheitsschutzes entfiere dann im Rahmen der Regelungen für Bauprodukte. Da allerdings noch nicht alle Biozidwirkstoffe genehmigt seien, könnten derzeit auch Biozidprodukte im Rahmen der Bauproduktregelungen auf ihre relevanten Umwelt- und Gesundheitswirkungen geprüft werden.

## **4 Mögliche Nutzen und Risiken von Nano-Bauprodukten**

In verschiedenen Vorträgen wurden die möglichen Nutzen und möglichen Risiken durch die Verwendung von Nanomaterialien in Bauprodukten vorgestellt. Verschiedene Teilnehmende des FachDialogs betonten, dass für eine Bewertung von Bauprodukten beide Aspekte zu berücksichtigen sind. Gegebenenfalls bedürfe es einer (politischen) Entscheidung darüber, welche Kompromisse beim Schutzniveau aufgrund der möglichen Nutzen oder Umweltentlastungseffekte vertretbar sind.

### **4.1 Umweltwirkungen**

Im Bereich der Umwelt wurden die größten Umweltentlastungspotenziale durch die Anwendung von Nanomaterialien in Bauprodukten in möglichen Einsparungen von Material und Energie sowie Möglichkeiten des Ersatzes gefährlicher Stoffe gesehen.

Materialeinsparungen ergeben sich unter anderem dadurch, dass Nanomaterialien erwünschte Materialeigenschaften, wie zum Beispiel die Zugfestigkeit oder die Beständigkeit von Beton, verbessern und daher die Materialmengen im Vergleich zu konventionellen Produkten verringert werden können. Außerdem können durch die Verlängerung der Lebensdauer von Bauprodukten Ressourcen durch eine verringerte Reparatur- oder Ersatzhäufigkeit gespart werden.

Energieeinsparungen können sich daraus ergeben, dass der Einsatz von Nanomaterialien in Bauprodukten während der Nutzung eines Gebäudes oder in seiner Erstellung zu einem geringeren Energieverbrauch führt. Beispiele sind ein geringerer Heizenergiebedarf durch eine verringerte Wärmeleitfähigkeit von

Dämmmaterialien oder ein verringerter Energieaufwand in der Verarbeitung, z. B. zur Aushärtung von Betonen.

Ein, im Vergleich zu konventionellen Bauprodukten, reduzierter Energieverbrauch ist zudem direkt mit geringeren CO<sub>2</sub>-Emissionen und somit einer geringeren Treibhauswirkung verbunden.

Ein Ersatz oder die Verringerung der Anwendung von Stoffen mit gefährlichen Eigenschaften in Bauprodukten könnte dann realisiert werden, wenn die Funktionalitäten welche sie den Bauprodukten verleihen, durch den Einsatz solcher Nanomaterialien erreicht werden können, die keine gefährlichen Eigenschaften haben. Außerdem könnten (neue) nanomaterialhaltige Werkstoffe den Einsatz bestimmter gefährlicher Stoffe sowohl im Produkt selber als auch z. B. zu seiner Reinigung und Wartung überflüssig machen. Ein beim FachDialog vorgestelltes Beispiel sind mikrobiell aktive Oberflächenbeschichtungen, bei denen Nanosilber andere (umwelt- und gesundheitsschädlichere) Biozidwirkstoffe durch seine Nanoskaligkeit in ihrer Wirksamkeit zu ersetzen vermag.

Der Abbau von Luftschadstoffen durch (photo-)katalytische Oberflächen ist ein weiterer Nutzen, der für einige Nano-Bauprodukte angestrebt wird. Da im Baubereich große Oberflächen sowohl im Innenraum als auch an der Außenseite von Gebäuden zur Verfügung stehen, werden hier relevante Effekte für möglich gehalten. Allerdings ist dieser Nutzen aus verschiedenen Gründen umstritten, unter anderem, da unklar ist, welche Abbauprodukte durch die Katalyse entstehen und ob diese ein geringeres (öko-)toxisches Potenzial haben als die Ausgangssubstanzen. Ob der Lichteinfall für eine messbare Wirkung ausreichend ist und ob das Problem überhaupt bzgl. der menschlichen Gesundheit eine so hohe Relevanz hat, dass es die Verwendung einer speziellen Farbe mit möglicherweise anderen Gefahren erfordert, ist ebenfalls umstritten.

Bezüglich der möglichen Risiken für die Umwelt betonten verschiedene Teilnehmende am FachDialog, dass die Informationslage zur (langfristigen) Wirkung von Nanomaterialien auf die Umwelt nicht ausreichend sei, um eine abschließende Bewertung zu ermöglichen. Prinzipiell sei durch die Verwendung von Nano-Bauprodukten im Außenbereich (umweltoffene Anwendung) sowie die großen Verwendungsmengen ein hohes Expositionspotenzial vorhanden. Dieses werde allerdings durch die (feste) Einbindung von Nanomaterialien in die Produktmatrices relativiert, die eine Freisetzung der Nanomaterialien in die Umwelt (weitgehend) verhindere. Zudem sei mit Blick auf die Alterungsprozesse unklar, ob und wie sich Nanomaterialien in den verbauten Produkten veränderten und in welcher Form sie schließlich in die Umwelt emittiert würden.

Im Forschungsprojekt „Nanohouse“ wurden verschiedene Aspekte bzgl. der Umweltauswirkungen von Nanomaterialien in Fassadenfarben untersucht. Unter anderem wurde festgestellt, dass

- die Verbesserung der Umweltleistungen in der Produktentwicklung bislang eine untergeordnete Rolle spielt;
- für eine umfassende und realistische Risikobewertung auch die Emissionen und die Wirkungen gealterter Nanopartikel zu untersuchen sind<sup>3</sup>;
- keine signifikante Auswaschung der in diesen Fassadenfarben enthaltenen Nanomaterialien messbar war<sup>4</sup>;
- die Darstellung von Produktnutzen durch kleine und mittlere Unternehmen kaum zu bewerkstelligen ist und es hier Unterstützungsbedarf gibt.

## **4.2 Nutzen und Risiken im Arbeitsschutz**

Für Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer wurden die möglichen Nutzen von Nano-Bauprodukten während des Dialogs nicht explizit vorgestellt oder diskutiert. Diese könnten prinzipiell in einer besseren Verarbeitbarkeit von Bauprodukten bestehen (z. B. Betonzusatzstoffe) sowie einem Ersatz gefährlicher Inhaltsstoffe und einer damit verbundenen Verringerung der Gesundheitsgefahren am Arbeitsplatz bzw. der Möglichkeit, auf bestimmte Schutzmaßnahmen verzichten zu können.

Bezüglich der Exposition von Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmern mit Nanomaterialien wurden zwei Fälle unterschieden:

- Nanomaterialien sind intendierter Bestandteil von Bauprodukten.
- Bei der Verarbeitung von (nicht-nanomaterialhaltigen) Bauprodukten entstehen Nanomaterialien, z. B. bei Abbrucharbeiten von Betonen.

Zur Abschätzung der Gefährdung bei Tätigkeiten mit Nanoprodukten ist es wichtig zu betrachten, ob die zugesetzten Nanomaterialien in einer Matrix gebunden sind, beispielsweise in einer Beschichtung, und wie diese Produkte verarbeitet werden. So ist eine Aufnahme der Nanomaterialien über die Atemwege nicht zu befürchten, wenn die Beschichtung von Hand aufgetragen wird. Untersuchungen beim Abschleifen von Beschichtungen haben gezeigt, dass die zugesetzten Nanomaterialien nicht freigesetzt werden, sondern in der Lackmatrix fest eingebunden bleiben.

---

<sup>3</sup> Gealterte Partikel verhielten sich anders als die „frisch“ eingesetzten.

<sup>4</sup> Allerdings können die Forschungsergebnisse nicht direkt auf andere Bauprodukte und Nanomaterialien übertragen werden.

Nach dem heutigen Stand der Erkenntnisse sind dadurch bei der Verarbeitung von nanomaterialhaltigen Bauprodukten die Schutzmaßnahmen, die aufgrund der weiteren Inhaltsstoffe und des Verarbeitungsverfahrens zu treffen sind, ausreichend. Allerdings ist dies kontinuierlich zu überprüfen, da laufend neue Nanoprodukte auf den Markt kommen. Besonders besorgniserregend wären solche Produkte, die biobeständige, starre, faserförmige Nanomaterialien enthalten.

In der Baubranche sind überwiegend Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer in kleinen und mittleren Unternehmen beschäftigt, von denen bekannt ist, dass notwendige Arbeitsschutzmaßnahmen oft nicht in ausreichendem Maße vorhanden sind, bzw. nicht angewendet werden. Hier sei es wichtig, kontinuierlich über mögliche Risiken und Schutzmaßnahmen zu informieren und die Einhaltung einschlägiger Arbeitsschutzvorschriften zu überwachen.

Des Weiteren wurde angemerkt, dass eine Einschränkung auf Nanomaterialien gemäß der EU-Definition, also ein Ausschluss von Partikeln, die größer als 100 nm in einer Dimension messen, nicht sinnvoll ist, um ein ganzheitliches Risikomanagement in Bezug auf (Ultra-)Feinstaubexpositionen umzusetzen. Dies würde unter anderem am Beispiel von Zement deutlich, welcher kein Nanomaterial nach EU-Definition, aber durch seine hohe Staubungsneigung ein Risikofaktor am Arbeitsplatz ist.

### **4.3 Verbraucher**

Die Nutzen von Nano-Bauprodukten für Verbraucherinnen und Verbraucher wurden beim FachDialog teilweise in Bezug auf konkrete Produkte diskutiert. Diese ergeben sich unter anderem aus möglichen Energieeinsparungen (und damit verringerten Energiekosten) sowie neuen Funktionalitäten, die eine Erhöhung des Wohnkomforts zur Folge haben, z. B. dimmbare Gläser, die eine flexiblere Regelung des Lichteinfalls und der Wärmeregulation in Gebäuden ermöglichen. Weitere mögliche Produktnutzen wurden beim FachDialog insbesondere in Hinblick auf Oberflächenbeschichtungen genannt, wie zum Beispiel die Reduzierung von Schadstoffen in der Innenraumluft durch Fotokatalyse, die Verringerung biologischer Risiken durch biozide Wirkungen von Farben oder die Verringerung der Reinigungshäufigkeit durch Selbstreinigungseffekte.

Die Teilnehmenden am NanoDialog benannten mögliche Risiken durch die Anwendung von Nano-Bauprodukten für Verbraucherinnen und Verbraucher lediglich im Zusammenhang mit fotokatalytisch aktiven Oberflächenbeschichtungen, da hier möglicherweise Oxidationsprodukte entstehen könnten, die toxischer sind als ihre Vorläufersubstanzen. Allerdings sei hierüber wenig bekannt.

Die Anwendung von Nano-Bauprodukten kann zudem, im Fall der direkten Nutzung z. B. in Oberflächenbeschichtungen, auch für die Verbraucherinnen und Verbraucher in einer Exposition gegenüber Nanomaterialien mit möglicherweise toxischen

Eigenschaften bestehen. Dies wurde beim NanoDialog allerdings nicht weitergehend thematisiert.

#### 4.4 Kommunikation von Nutzen

Die transparente und verständliche Darstellung der Nutzen von Nano-Bauprodukten benannten verschiedene Teilnehmende am FachDialog als wichtige Voraussetzung für die Akzeptanz von Nano-Bauprodukten.

Um ein vollständiges und glaubwürdiges Bild der Produktnutzen zu erhalten, sei eine Betrachtung des gesamten Lebenszyklus eines Produktes wichtig sowie die Bewertung der Wirkungen im Gebäude und in Bezug auf die jeweils erzielte Funktionalität. So würde auch berücksichtigt, dass Nutzen in einer Lebenszyklusphase, z. B. Energieeinsparungen in der Produktnutzung, mit möglichen Belastungen in anderen Lebenszyklusphasen, z. B. einem hohen Energieaufwand für die Herstellung eines Nanomaterials zu bereinigen sind. Zudem würde nur so eine faire Bewertung besonders langlebiger gegenüber kurzlebigen Produkten möglich. Lediglich eine vollumfängliche und transparente Darstellung der Nutzen und Lasten entlang des Lebenszyklus, nach Möglichkeit in quantifizierter Form, könne den Nutzen eines Produktes ausreichend solide darstellen.

Beim FachDialog wurde festgestellt, dass die Kommunikation der Nutzen drei Hauptadressaten hat:

- Architektinnen/Architekten und Planerinnen/Planer, die in der Planung und Bauausführung festzulegen haben, welche Materialien zu verwenden sind;
- Handwerkerinnen und Handwerker, die im Auftrag für andere Neubau- und Renovierungsarbeiten durchführen und bezüglich der Produktauswahl beratend tätig sind und
- Verbraucherinnen und Verbraucher, die anhand der verfügbaren Informationen eine Produktauswahl für selbst durchzuführende Arbeiten treffen.

Jede dieser Zielgruppen benötigt Informationen zum Produktnutzen (und zu möglichen Risiken) in anderer Detailtiefe und mit jeweils anderen Schwerpunkten und Darstellungsformen.

Bei der Ermittlung und Kommunikation von Produktnutzen sei auch darauf zu achten, ob die jeweilige Funktionalität einer Anwendung auch (gesellschaftlich) anzustreben sei. So wurde beispielsweise die antimikrobielle Wirkung von nanomaterialhaltigen Beschichtungen für eine zielgerichtete Anwendung in Krankenhäusern für sinnvoll gehalten, während der Bedarf solcher Oberflächen in Privathaushalten von einigen Teilnehmenden bezweifelt wurde. Zudem müsse darauf geachtet werden, dass auch

präventive Maßnahmen, wie z. B. bauphysikalische Methoden zur Vermeidung von Schimmelbildung, prioritär verwendet würden. In der Diskussion wurde angemerkt, dass eine Einordnung der Relevanz eines Problems hilfreich sei, um Orientierung darüber zu geben, ob der Einsatz des Produktes notwendig und nutzbringend ist.

## **4.5 Abfallphase**

Beim FachDialog wurde von verschiedenen Teilnehmenden darauf hingewiesen, dass es über mögliche Herausforderungen bei der Entsorgung von Bauprodukten, die in Gebäuden verbaut sind, bislang wenig Kenntnis gibt.

Im Vortrag über das Recycling von Carbonbeton wurde berichtet, dass beim Abriss von Gebäuden und Gebäudeteilen durch Arbeiten mit hohem Energieeintrag (Bohren etc.) Stäube entstehen können, die nanoskalig sind. Ob sich die Verstaubung und Partikelgröße für Materialien mit und ohne absichtlich zugegebenen Nanomaterialien unterscheidet, konnte aus den bisherigen Untersuchungen nicht eindeutig geklärt werden.

Die von verschiedenen Teilnehmenden geäußerte Besorgnis in Bezug auf die Abfallphase ergibt sich aus der Kombination verschiedener Aspekte:

- den großen Mengenströmen an Bauprodukten und damit auch den möglicherweise enthaltenen Nanomaterialien,
- der geringen Transparenz über den Gehalt von Nanomaterialien in Bauprodukten und dem Fehlen einer Dokumentation darüber, welche Bauprodukte in einem Bauwerk genutzt wurden,
- der fehlenden Berücksichtigung der Abfallphase von Bauprodukten in der Zulassung und den EU-Normen sowie,
- dem Wissensmangel bezüglich möglicher Probleme in der Entsorgung nanomaterialhaltiger Bauabfälle.

Daraus ergibt sich nach Meinung dieser Teilnehmenden ein Handlungs- und Forschungsbedarf, um in der Zukunft Probleme zu vermeiden oder in der Lage zu sein, sie gezielt zu bewältigen.

## **5 Verwendungsbereiche und Produktbeispiele**

Derzeit gibt es keine Transparenz darüber, in welchen Bauprodukten welche Nanomaterialien enthalten sind. Unter anderem die Arbeiten der BG BAU zur Erstellung einer Liste mit Bauprodukten, die Nanomaterialien enthalten, haben verdeutlicht, dass Produkte, die mit dem Begriff „nano“ beworben werden, oft keine Nanomaterialien enthalten. Andererseits vermeiden es viele Produkthersteller, mit

der Verwendung von Nanomaterialien in Verbindung gebracht zu werden, da es am Markt nach wie vor eine Stigmatisierung von Nanomaterialien zu geben scheint. Einige Produkthersteller verwenden deshalb keine Nanomaterialien, andere geben keine Informationen darüber an, ob und welche Nanomaterialien sie in ihren Rezepturen verwenden.

Nanomaterialien werden mit vielfältigen Funktionen in Bauprodukten eingesetzt. Hierbei werden sehr unterschiedliche, spezifische Effekte von Nanomaterialien und ihren Oberflächen genutzt. Nanomaterialien sind im Vergleich zu den Grundmaterialien, denen sie zugegeben werden, wie z. B. Zement, verhältnismäßig teuer. Daher ist das Marktpotenzial nanomaterialhaltiger Bauprodukte derzeit vermutlich auf Anwendungen begrenzt, in denen Nanomaterialien in sehr geringen Mengen eingesetzt werden. Weiterhin könnten Produkte, die relevante Ressourceneinsparungen ermöglichen oder die höhere Preise durch veränderte Produktequalitäten realisieren können (z. B. Oberflächenbeschichtungen) sowie Pilotanwendungen von Produkten auf dem Markt relevant sein.

In einem Übersichtsvortrag wurde beim FachDialog dargestellt, wie die spezifischen Eigenschaften einiger Nanomaterialien und Nanostrukturen genutzt werden, um bestimmte Funktionalitäten von Bauprodukten zu erreichen. Einige Beispiele sind im Folgenden zusammengefasst.

Im Bereich der Zemente, Betone und Mörtel werden Nanomaterialien unter anderem als Kristallisationskeime eingesetzt, um die Verarbeitungseigenschaften dieser Materialien zu verändern, z. B. wird die Aushärtung beschleunigt, eine höhere Verdichtung der Strukturen erreicht oder eine Verarbeitung bei geringeren Temperaturen ermöglicht. Nanomaterialien können z. B. auch als Fließmittel zur Einstellung einer bestimmten Viskosität eingesetzt werden.

Aerogele sind Materialien, die dadurch hergestellt werden, dass ihnen in gelöster Form das Wasser/Lösemittel entzogen wird, ohne die Struktur der gelösten Materialien zu zerstören. So werden zum Beispiel Strukturen mit sehr geringer Wärmeleitfähigkeit erzeugt, die u. a. als Dämmstoffe eingesetzt werden.

Nanomaterialien können durch die Bildung kolloider Strukturen, die durch Scheren oder Schütteln zerstört werden, sich aber in Ruhe wieder bilden, in Stützflüssigkeiten z. B. beim Bau von Tunneln oder Schächten eingesetzt werden. In einer solchen Verwendung könnten sehr große Mengen eingesetzt werden.

Pyrogene Kieselsäure wird aufgrund ihrer rheologischen Eigenschaften zum Beispiel in Farben verwendet, um eine Entmischung zu verhindern. Zudem kommt sie in Bauprodukten, wie auch in Lebensmitteln, als Rieselhilfe zum Einsatz.

Beim FachDialog wurden 5 konkrete Produkte vorgestellt, die durch den Gehalt an Nanomaterialien besondere Eigenschaften bzw. Nutzen haben.

Der vorgestellte Ultrahochleistungsbeton wird durch Zugabe von Nanosilika, welches eine Verdichtung während der Aushärtung bewirkt und in dieser Phase verbraucht wird, hergestellt. Dieser Beton weist eine erhöhte Langlebigkeit und Festigkeit auf, was mit einer Material- und Energieeinsparung einhergeht. Risiken durch die Verwendung von Nanomaterialien konnten nicht identifiziert werden, da eine Exposition lediglich beim Anmischen (Arbeitsschutz) auftreten könnte. Für den Ultrahochleistungsbeton wurde keine bauaufsichtliche Zulassung beantragt, da Aufwand und Kosten für den erwarteten Markt als unverhältnismäßig angesehen werden. Der Beton wird bisher in Anwendungen, die keiner Zulassung bedürfen eingesetzt, z. B. zum Bau von Fassungen für Maschinen oder als Pontons.

In den präsentierten antimikrobiellen Fassaden- und Wandfarben wird Nanosilber eingesetzt, um Bakterien- Schimmel- und Algenbewuchs auf Gebäudeoberflächen zu verhindern. Als Vorteile der Farben wurden eine lang anhaltende Beständigkeit gegenüber der Ansiedlung von Organismen<sup>5</sup>, der Verzicht auf Konservierungsstoffe, eine geringe Einsatzmenge und eine gute Ökobilanz aufgeführt. Mögliche Expositionen könnten während der Verarbeitung der Farbe auftreten, werden aber bei Anwendung gängiger Schutzmaßnahmen als geringfügig angesehen. Die Wirksamkeit der Farbe wird durch Verunreinigungen beeinträchtigt. Im Vortrag wurde hervorgehoben, dass der Einsatz der Farbe nur dann sinnvoll sei, wenn die Ursache des Befalls – in der Regel Feuchtigkeit – behoben werde. Die Farbe könne eine Sanierung befallener Oberflächen nicht ersetzen.

Im zweiten Produktbeispiel im Bereich der Oberflächenbeschichtungen wurde eine fotokatalytische Wandfarbe vorgestellt, die Titandioxid Nanopartikel enthält, um Schadstoffe in der Innenraumluft sowie teilweise auch Mikroorganismen, wie Schimmel, zu oxidieren und damit gesundheitsfördernd zu wirken. Titandioxid wurde gewählt, weil es sehr reaktiv, stabil, ungiftig<sup>6</sup> und relativ preisgünstig ist. Eine Freisetzung der Partikel wird lediglich in der Herstellungsphase der Farbe erwartet und somit werden keine Risiken für die Verbraucher und die Umwelt gesehen. Allerdings merkten einige Teilnehmende kritisch an, dass unklar sei, ob die Produkte aus der Katalyse toxische Eigenschaften haben und dadurch eine (neue) Belastung entstehen kann.

In der Diskussion über beide Beschichtungen wurde von einigen Teilnehmenden betont, dass die Notwendigkeit einer Anwendung dieser Farben nicht immer gegeben ist.

---

<sup>5</sup> Im Gegensatz zu konventionellen Farben, in denen die Wirkstoffe freigesetzt werden und sich daher die Wirkung mit der Zeit reduziert, sind die Silberpartikel in dieser Farbe fest in die Matrix eingebunden und werden nicht freigesetzt.

<sup>6</sup> Zur Toxizität von Titandioxid gibt es viele Informationen, die allerdings nicht eindeutig sind und nicht einheitlich bewertet werden.

Im Bereich der Dämmstoffe wurde der Einsatz nanoskaliger Trübstoffe zur Verringerung der Wärmeleitfähigkeit vorgestellt. In Abhängigkeit von der Form der zugegebenen Nanopartikel konnte in einem Forschungsprojekt eine Minderung des durch Strahlung verursachten Anteils an der Wärmeleitfähigkeit eines Dämmstoffes um 50-90 % erreicht werden. Mittels dieser Trübungsmittel könnten dünnere Dämmstoffplatten hergestellt und in Fassaden genutzt werden, die für eine Wärmedämmung mit herkömmlichen Materialien nicht zugänglich wären. In „konventionellen“ Anwendungen dieser effizienteren Dämmstoffe würde eine Energie- bzw. Wärmeeinsparung erreicht werden.

Als weiteres Produktbeispiel wurde beim FachDialog ein durch eine elektrochrome Nanopartikelschicht dimmbares Glas präsentiert. Das Glas kann einen externen Sonnenschutz ersetzen und hat demgegenüber verschiedene Vorteile: keine Anfälligkeit bei Wind, Fensterdurchsicht auch bei schönem Wetter, verringerter Kühlkältebedarf bei hoher Licht- und Wärmeeinstrahlung und keine zusätzlichen (außen liegenden) Baumaßnahmen notwendig. Da die elektrochrome Schicht zwischen den Gläsern eines Fensters liegt, kann eine Exposition während der Nutzungsphase ausgeschlossen werden.

## 6 Forschung

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung fördert im Rahmen seiner Forschungsprogramme verschiedene Projekte zur Entwicklung von Bauprodukten, die unter anderem die Anwendung von Nanomaterialien beinhalten. In den Förderprogrammen NanoTecture und HighTechMatBau wurden und werden unterschiedliche Schwerpunkte bedient, die die Entwicklung und Anwendung von Bauprodukten beinhalten, unter anderem Dämmstoffe, schaltbare Fenster, Leichtbetonbauteile, HighTech-Asphalt, neue Materialien für Brücken, Schienenwege und Straßendeckschichten. Zudem wurde eine Maßnahme zur wissenschaftlichen Begleitung des Technologietransfers gefördert. Somit ist zu erwarten, dass sowohl im Bereich der mineralischen Baustoffe also auch in der Anwendung von organischen und Feinchemikalien weitere Produktinnovationen entstehen.

## 7 Schlussfolgerungen

Die Vorträge und Diskussionen beim FachDialog „Chancen und Risiken der Anwendung von Nanotechnologien im Baubereich“ zeigen, dass es ein breites Spektrum möglicher Anwendungen von Nanotechnologien im Baubereich gibt. Hierdurch können sowohl Nutzen für die Umwelt, z. B. durch die Einsparung von Material, Energie oder die Substitution gefährlicher Stoffe erzielt werden, als auch für die Verbraucherinnen und Verbraucher, z. B. durch eine Verbesserung der Wohnqualität. Zudem kann der Einsatz von Nanomaterialien zu neuen oder

verbesserten technischen Eigenschaften von Bauprodukten führen, die neue Anwendungsbereiche von Baumaterialien erschließen können.

Insgesamt sahen die Teilnehmenden beim FachDialog ein gewisses Risikopotenzial im Bereich der Herstellung und Verarbeitung von Nano-Bauprodukten, dem aber durch die Anwendung von Schutzmaßnahmen ausreichend begegnet werden kann. Da die Nanomaterialien, zumindest in den vorgestellten Fällen, fest in die Produktmatrices eingebunden sind und eine Freisetzung während der Produktnutzung weder beabsichtigt noch wahrscheinlich ist, werden keine Risiken für Verbraucherinnen und Verbraucher sowie die Umwelt aus dieser Lebenszyklusphase erwartet. Über mögliche Risiken bei der Entsorgung von z. B. Gebäuden, Bauwerken oder Straßenbelägen, die Nanomaterialien aus Bauprodukten enthalten, ist derzeit wenig bekannt. Vor diesem Hintergrund wurde von einigen Teilnehmenden ein entsprechender Forschungsbedarf formuliert.

Die Regulierung von Bauprodukten ist komplex und findet auf verschiedenen Ebenen statt. Bislang werden Besonderheiten von Nanomaterialien in den Prüfungen zum Umwelt- und Gesundheitsschutz nicht explizit berücksichtigt. Eine entsprechende Integration von Anforderungen in die europäischen Normen ist grundsätzlich möglich, bedarf aber eines längeren Prozesses, der seitens der Mitgliedsstaaten begonnen werden müsste. Eine stärkere Berücksichtigung von Nanomaterialien in der nationalen bauaufsichtlichen Zulassung könnte unter anderem über die Zulassungsgrundsätze, bzw. die Integration spezifischer Anforderungen in der Musterbauordnung initiiert werden.

In der weiteren Forschung und Entwicklung von Bauprodukten, die Nanomaterialien enthalten, wünschen sich viele Stakeholder mehr Transparenz über die durch die Nanomaterialien erreichten Nutzen. Zudem wurde mehr Transparenz über die Art und Menge der in Bauprodukten verwendeten Nanomaterialien gefordert. Eine umfassende Bewertung und verständliche Kommunikation der Vorteile und der möglichen Risiken dieser Produkte, einschließlich bei der Entsorgung, sei für die Akzeptanz auf dem Markt wichtig.