

Die Datenlage zur Bewertung der Anwendung der Nanotechnologie in Lebensmitteln und Lebensmittelbedarfsgegenständen ist derzeit noch unzureichend

Stellungnahme Nr. 001/2009 des BfR vom 3. Juli 2008

Nanomaterialien werden bereits in vielen Produkten des täglichen Lebens eingesetzt. Eines der Einsatzgebiete sind Bedarfsgegenstände, die wie Kühlschränke, Verpackungsfolien oder Essbesteck für den Kontakt mit Lebensmitteln vorgesehen sind. Für einen Zusatz von anorganischen Nanopartikeln zu Lebensmitteln gibt es bislang keine eindeutigen Belege.

Mit Hilfe der Nanotechnologie werden Strukturen und Materialien hergestellt, bei denen mindestens eine Dimension 1 bis 100 Nanometer (nm) groß ist. Ein Nanometer bezeichnet den milliardsten Teil eines Meters. Aufgrund ihrer geringen Größe können Nanopartikel andere Eigenschaften als größere Teilchen des gleichen Stoffes aufweisen. Dies macht sie für die unterschiedlichen Einsatzbereiche interessant. Um abzuschätzen, ob von Nanoprodukten spezifische Gesundheitsrisiken ausgehen, ist es wichtig zu wissen, ob die eingesetzten Nanomaterialien im Produkt fest eingebunden sind oder aus dem Produkt freigesetzt werden können. Freie Nanopartikel können eher zu einem Gesundheitsrisiko werden als fest eingebettete.

Für Verbraucher ist es derzeit nicht ersichtlich, ob Nanomaterialien in Produkten enthalten sind. Es gibt keine Kennzeichnungspflicht. Verbraucher erkennen die Verwendung somit nur, wenn Hersteller mit dem Einsatz von Nanotechnologie für ihre Produkte werben. Allein aus der Werbung für ein Produkt lassen sich jedoch noch keine Aussagen darüber treffen, ob tatsächlich Nanopartikel oder andere Nanomaterialien enthalten sind.

Während die Nanotechnologie einer repräsentativen Umfrage des BfR zufolge derzeit von Verbrauchern überwiegend positiv eingeschätzt wird, stehen sie dem Einsatz der Nanotechnologie in Lebensmitteln und in Lebensmittelbedarfsgegenständen eher kritisch gegenüber. Das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) stützt sich bei seiner hier vorliegenden Bewertung dieses Anwendungsbereiches auf die bereits 2007 zusammen mit der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin und dem Umweltbundesamt erarbeitete Forschungsstrategie zu den Gesundheits- und Umweltrisiken von Nanotechnologien.

Das BfR kommt zu dem Ergebnis, dass toxikologische Daten zur Bewertung von Nanomaterialien, ebenso wie die Daten zur Expositionsabschätzung, für eine Risikobewertung zum Einsatz von Nanomaterialien im Lebensmittelbereich unzureichend sind. Für den Einsatz von Nanomaterialien als Lebensmittelzusatzstoffe sowie in Bedarfsgegenständen, die für den Kontakt mit Lebensmitteln vorgesehen sind, weist das BfR darauf hin, dass auch bereits zugelassene Substanzen, die nun in Nanogröße eingesetzt werden sollen, vor ihrer Verwendung gesundheitlich neu bewertet werden müssen – es sei denn, die Partikelgröße wurde bereits bei der Erstbewertung berücksichtigt.

1 Einleitung

Der Einsatz von Nanotechnologie in Lebensmitteln und in Lebensmittelbedarfsgegenständen wird derzeit öffentlich kontrovers diskutiert. Das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) hat zu dieser Problematik Stellung genommen.

2 Ergebnis

Die von Kritikern der Nanotechnologie im Lebensmittelbereich derzeit angeführten toxikologischen Daten zur Bewertung von Nanomaterialien sind ebenso wie die Daten zur Expositionsabschätzung für eine Risikobewertung eines Einsatzes von Nanomaterialien im Lebensmittelbereich unzureichend.

Die von Kritikern vorgenommene Zusammenstellung von Produkten aus dem Bereich der Lebensmittel und Lebensmittelbedarfsgegenstände liefert allenfalls Hinweise auf die gegenwärtig auf dem Markt befindlichen Produkte, in denen Nanomaterialien zum Einsatz kommen. Ob die aufgeführten Produkte tatsächlich Nanomaterialien enthalten, ist nicht belegt. Die Bewertung der Aussagen zum Einsatz der Nanotechnologie wird derzeit dadurch erschwert, dass Anbieter mit dem Begriff „Nano“ Werbeaussagen treffen, auch wenn keine Nanomaterialien verwendet werden. Der Begriff wird oft irreführend auch dann verwendet, wenn Materialien mit „kleiner Partikelgröße“ zum Einsatz kommen (meist im Mikrometerbereich oder größer).

Bei einigen Anwendungen werden Nanomaterialien als Ausgangsmaterial verwendet, ohne dass im Endprodukt Nanomaterialien vorhanden sind. Das ist beispielsweise der Fall, wenn Nanopartikel im Herstellungsprozess zu größeren Partikeln aggregieren oder wenn Nanopartikel zu Beschichtungen verschmolzen werden.

3 Begründung

Die drei Bundesoberbehörden Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) und Umweltbundesamt (UBA) haben im Dezember 2007 eine gemeinsame Forschungsstrategie zu den Gesundheits- und Umweltrisiken von Nanotechnologien (BAuA, BfR, UBA 2007) vorgelegt. In diesem Papier wird die Notwendigkeit hervorgehoben, die Entwicklung dieser neuen Technologie zu begleiten, die Chancen und Risiken in einem transparenten Prozess abzuwägen und mit den etablierten Technologien zu vergleichen. In diesem Zusammenhang wurde von Seiten der europäischen Kommission ein Aktionsplan veröffentlicht, der unter anderem Beiträge zur Erforschung der gesundheitlichen Risiken vorsieht (EC 2005).

Die gegenwärtigen Unsicherheiten zu den Risiken, die von Nanomaterialien ausgehen könnten, erfordern eine umfassende Beschreibung und Bewertung dieser Risiken, die sowohl alle möglichen toxikologischen Eigenschaften und Endpunkte einschließen, als auch die verschiedenen Expositionssituationen abdecken, die sich während der Herstellung und der Verwendung eines Nanomaterials ergeben. Dabei wird gegenwärtig die Integration in den bestehenden gesetzlichen Rahmen avisiert, um zu überprüfen, ob ein spezifisches Nanogesetz erforderlich ist. Daher ergibt sich die Notwendigkeit zu entsprechenden Bewertungen im Rahmen der gültigen Gesetze und, wo erforderlich, zu gesetzlichen Anpassungen (UBA, 2007).

Die drei Bundesoberbehörden haben dazu eine effiziente und zielgerichtete Forschung gefordert, die den Rechtsrahmen berücksichtigt.

Aus der gemeinsam vorgelegten Forschungsstrategie der drei Bundesoberbehörden ist ersichtlich, dass

- Forschungsbedarf hinsichtlich Expositionsszenarien und möglicher Wirkungen von Nanomaterialien besteht

- der Forschungsbedarf an Fragestellungen der regulatorischen Toxikologie auszurichten ist
- und adäquate Mittel zur Bewältigung des Forschungsbedarfs bereitgestellt werden müssen.

Aus Befragungen aus dem Vereinigten Königreich (Chaudhry et al., 2008), der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) (2008), des BMELV (Mai 2007), der Europäischen Union (DG Sanco, Oktober 2007) und aus Mitteilungen des Bundesverbandes der Deutschen Süßwarenindustrie eV (BDSI) (2008) und des Bundes für Lebensmittelrecht und Lebensmittelkunde e. V. (BLL) (2008) geht hervor, dass die Lebensmittelindustrie derzeit keinen Einsatz von neuen nanotechnologisch erzeugten Materialien in Lebensmitteln vornimmt. Andererseits können aber bei herkömmlichen Verfahren (z.B. Homogenisieren von Milch, Räuchern, Grillen) Nanomaterialien entstehen.

Wiederholt wird berichtet, dass nanoskaliges Siliziumdioxid/Kieselsäure Lebensmitteln zugesetzt würde. Das BfR hat in diesem Zusammenhang Produzenten von Siliziumdioxid befragt. Seitens der Produzenten wurde festgestellt, dass Siliziumdioxid als Zusatzstoff in Lebensmitteln aufgrund der Produktionsgegebenheiten nicht in nanoskaliger Form vorliegt. Nanoskaliges Siliziumdioxid von beispielsweise 7 nm würde bei einem bestimmten Herstellungsverfahren (Flammenhydrolyse) nur als Primärpartikel für wenige Millisekunden vorliegen. Die Primärpartikel würden sich in der Herstellungsphase sofort zu stabilen größeren Partikeln (Aggregaten) zusammenlagern, die dann nicht mehr als Nanopartikel zu bezeichnen wären. Primärpartikel als solche würden nicht, beispielsweise als Rieselhilfe für pulverförmige Inhaltsstoffe, in Verkehr gebracht werden.

Nach Chaudhry et al. (2008) ist gegenwärtig in der EU nicht mit gezielt hergestellten Nanomaterialien in Lebensmitteln zu rechnen.

Die Forschungsstrategie der drei Bundesoberbehörden geht von dieser Position aus, fordert aber mehr Transparenz und den Einsatz von Nanomaterialien in Verbraucherprodukten hinreichend zu dokumentieren.

Die zentralen toxikologischen Endpunkte, die für Chemikalien zu überprüfen sind, sind die akute und chronische Toxizität, die Reiz- und Ätzwirkung, die Sensibilisierung und die CMR-Endpunkte Karzinogenität, Mutagenität und Reproduktionstoxizität (Entwicklungstoxizität, Fertilitätsminderung). Ausführliche Darstellungen zu den toxikologischen Endpunkten finden sich beispielsweise unter EC (2001) und EC (2003). Um die Auswirkungen von chemischen Stoffen auf die Gesundheit beurteilen zu können, wurden verschiedene standardisierte Testmethoden entwickelt, die eine Beurteilung der Wirkungen auf verschiedene Organe und Organsysteme erlauben (OECD 2007, EC 2006, SCENIHR 2006, 2007). Für Lebensmittelzusatzstoffe gibt es keine zwingend vorgeschriebenen Prüfanforderungen, aber Empfehlungen internationaler Expertengremien (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives und Scientific Committee on Food) (WHO 1987, SCF 2001). Die entsprechenden Test-Guidelines sind im Chemikalienbereich ebenso wie im Lebensmittelbereich allerdings nicht speziell im Hinblick auf die Untersuchung von Nanomaterialien konzipiert.

In vitro-Methoden sind derzeit noch nicht für die Erfassung der spezifischen Wirkungen von Nanomaterialien validiert. Weiterhin weisen *in vitro*-Methoden den methodischen Nachteil auf, dass sie in der Regel für gelöste Stoffe entwickelt wurden. Verschiedene Nanomaterialien sind schwer in eine feindisperse Suspension zu bringen, sedimentieren oder verbleiben an der Oberfläche des Mediums.

Hier ergibt sich Forschungsbedarf im Hinblick auf die internationale Anpassung und Abstimmung der OECD-Testmethoden. Die Methoden sind gegebenenfalls um Testparameter zu ergänzen, für die es Hinweise auf Relevanz für Nanomaterialien gibt (z.B. Herz-Kreislauf-Parameter). Eine besondere Herausforderung stellen Kinetikstudien dar, da ein quantitativer Nachweis der relevanten Nanomaterialien im biologischen Material bei vielen Nanomaterialien gegenwärtig methodisch nicht gewährleistet werden kann. Diese sind zudem für jedes spezifische Nanomaterial einzeln zu entwickeln.

In toxikologischen Studien sind geeignete Referenzmaterialien erforderlich, um die fehlerfreie Durchführung des Tests mit Positiv- und Negativkontrollen zu überprüfen. Eine Standardisierung ist erforderlich, um Bezugsgrößen zu schaffen und um die Vergleichbarkeit von Ergebnissen aus verschiedenen Laboratorien zu gewährleisten. Nanomaterialien, die als Referenzmaterial eingesetzt werden können, wurden noch nicht definiert. Daher ist eine Auswahl gut charakterisierter Nanomaterialien erforderlich, die zur Standardisierung und als Bezugsgröße eingesetzt werden können.

Von Kritikern der Nanotechnologie im Lebensmittelbereich werden toxikologische Effekte aus *in vitro*-Studien (Donaldson et al. 1996; Long et al. 2006; Braydich-Stolle et al. 2005; Hussain et al. 2005 und 2006; Brunner et al. 2006; Chen, von Mikecz 2005) und *in vivo*-Studien (Wang J. et al. 2007; Wang B. et al. 2007; Wang et al. 2006) angeführt, ohne die Aussagekraft dieser Studien ausreichend zu prüfen. Bei diesen Untersuchungen handelt es sich beispielsweise um Studien zur akuten Toxizität, die mit hohen Dosen von nanoskaligem Testmaterial durchgeführt wurden (z.B. 5 g/kg Körpergewicht). Das führte zum Teil zu Entzündungen oder Verstopfungen im Darm der Versuchstiere. Dies kann jedoch die Resorption von Substanzen aus dem Darmlumen ins Blut beeinträchtigen und insofern die Interpretation der Studienergebnisse erschweren. Auch lässt die in den Originalarbeiten beschriebene Versuchsdurchführung (akut vs. chronisch, Behandlung der Versuchstiere) erhebliche Fragen offen. Beispielsweise wurden in den mit Zink-Nano- und Mikropartikeln durchgeführten *in vivo*-Studien (Wang et al. 2006, 2007) Zink-Ionen nicht parallel geprüft, so dass nicht ganz klar ist, ob die beobachteten Effekte tatsächlich nur auf die Nanoskaligkeit zurückzuführen sind. Die mit Titandioxid-Nanopartikeln durchgeführte Studie von Wang et al. (2007) ermöglicht keine eindeutigen Schlussfolgerungen, weil histopathologische Effekte zwar mit Partikeln der Größe 80 nm, aber in geringerem Maße oder nicht mit 25 nm und 155 nm-Partikeln beobachtet wurden.

Das BfR geht davon aus, dass die Eignung dieser Studien hinsichtlich Verlässlichkeit, Relevanz und Angemessenheit der Daten zur Risikobeschreibung (Klimisch et al., 1997) von Nanomaterialien nicht oder nur unzureichend gegeben ist.

Das BfR hat im Folgenden einige für den Bereich der Lebensmittelbedarfsgegenstände beschriebene Anwendungen (6 Verpackungen, 17 Küchenutensilien, 6 Küchengeräte und ein „Veredelungstuch“ für den Küchenbereich) sowie ausgewählte Patente im Bereich Lebensmittelbedarfsgegenstände einer kritischen Betrachtung hinsichtlich der tatsächlichen Verwendung von Nanopartikeln unterzogen (siehe Tabellen 1 und 2). Die dabei am häufigsten vorkommenden Nanomaterialien sind Nano-Silber und Nano-Ton.

Tabelle 1: Ausgewählte Lebensmittelbedarfsgegenstände, die ggf. Nanopartikel enthalten

Produkt	Substanz	Vorliegende Form	Verwendung	Verwendung von Nanopartikeln belegt
Verpackung (Bayer)	Tonmineral (Silikat)	Nanopartikel in Polymer	Kunststoff-Flaschen, Kunststofffolien	Ja
Verpackung (Honeywell)	Tonmineral (Silikat)	Nanopartikel in Polymer	Kunststoff-Flaschen mit „Sauerstoffsavenger“	Ja
Verpackung (Nanocor)	Tonmineral (Silikat)	Nanopartikel in Polymer	Kunststoff-Flaschen	Ja
Verpackung (Plantic)	Tonmineral (Silikat)	Nanopartikel in bioabbaubarem Polymer	Kunststoffschalen	Ja
Verpackung (Constantia)	Keine Angabe	Nanopartikel in Polymer	Kunststoffolie	Nein
Verpackung (DuPont)	Titandioxid	Nanopartikel in Polymer	Kunststoffverpackung mit UV-Schutz	Nein
Küchenutensilien (Everin/New Life)	Silber	Angeblich Nanopartikel enthaltende Silikondichtung	Kunststoffbehälter	Nein
Küchenutensilien (Nano Maxx)	Keine Angabe	Keine Angabe	Pfannen und Kochgeschirr	Nein
Küchenutensilien (Küchenprofi)	Silber	Angeblich Beschichtung mit Nanopartikeln	Schneidebrett	Nein
Küchenutensilien (WorldOne)	Silber	Angeblich Nanopartikel enthaltende Kunststoffbeutel	Frischhaltebeutel	Nein
Küchenutensilien (Song-Sing Nano)	Zinkoxid	Angeblich Nanopartikel enthaltende Kunststoffolie	Kunststoffolie, Teekanne	Nein
Küchenutensilien (A-Do Global)	Silber	Angeblich mit Nanopartikeln beschichtete Oberflächen	Kunststoffbehälter Schneidebrett	Nein
Küchenutensilien (Blue Moon Goods)	Keine Angabe	Nicht mehr erhältlich	Kunststoffbehälter	
Küchenutensilien (JR Nanotech Plc)	Silber	Keine Angabe	Kunststoffbehälter	Nein
Küchenutensilien (NanoSilver Products)	Silber	Angeblich mit Nanopartikeln beschichtete Oberflächen	Kunststoffbehälter	Nein
Küchenutensilien (NCT)	Silber	Angeblich mit Nanopartikeln beschichtete Oberflächen	Geschirr	Nein
Küchenutensilien (Baby Dream)	Silber	Angeblich mit Nanopartikeln beschichtete Oberflächen	Tasse, Fläschchen	Nein
Küchenutensilien (HSN)	Keramik	Angeblich mit Nanopartikeln beschichtete Oberflächen	Pfanne	Nein
Küchenutensilien (Joycook)	Keine Angabe	Keine Angabe	Pfanne	Nein
Küchenutensilien (Nano Silver Wholesale Ltd)	Silber	Angeblich mit Nanopartikeln beschichtete Oberflächen	Schneidebrett	Nein
Küchenutensilien (Nanofilm LTD)	Silber	Nanopartikel enthaltende Kunststofffilme	Kuchenformen	Nein
Küchengeräte (Oilfresh)	Keramik	Keine Angabe	Frittierhilfe	Nein
Küchengeräte (NCT)	Silber	Angeblich mit Nanopartikeln beschichtete Oberflächen	Oberflächenbehandlung für Küchengeräte	Nein
Küchengeräte	Silber	Angeblich mit Nanoparti-	Kühlschrank	Nein

(LG)		kein beschichtete Oberflächen		
Küchengeräte (Hitachi)	Titan	Nanopartikel enthaltender Filter	Kühlschrank	Nein
Küchengeräte (Daewoo)	Silber	Angeblich mit Nanopartikeln beschichtete Oberflächen	Kühlschrank	Nein
Küchengeräte (Samsung)	Silber	Angeblich mit Nanopartikeln beschichtete Oberflächen	Kühlschrank	Ja
Beschichtungstücher zur antimikrobiellen Ausrüstung (Nanopool / Die Nano Experten)	Keine Angabe	Keine Angabe	Tücher zum Selbstbeschichten	Nein

Tabelle 2: Ausgewählte Patente aus dem Bereich der Lebensmittelbedarfsgegenstände

Patent	Substanz	Vorgesehene Verwendung	Nanomaterial
Füllstoff	Nicht spezifiziert („Verbindungen aus der Gruppe der Polyorganosiloxane, Lanthanide und der 2.-4. Hauptgruppe“)	Verpackungen mit Barriereigenschaften	Ja
Klebstoff	Ton / Silikate	Verbundfolien mit Barriereigenschaften	Ja
Lebensmittelverpackung	Titandioxid	Entsprechend dem Patent ist Titandioxid nur zur Verwendung in kosmetischen Erzeugnissen vorgesehen	Ja
Füllstoff	Silikate	Folie für Lebensmittelverpackung	Ja
Folie für Lebensmittelverpackung	Silikate	Verbundfolien für Lebensmittelverpackung	Ja
Diamantartige Beschichtung	Nanofilme (Silikat)	Beschichtung von Formen für Lebensmittelverpackung	Ja
Schläuche/Rohre (Maschine)	Unklar	Verwendung im Lebensmittelkontakt ist im Patent nicht explizit vorgesehen	Unklar
Glasoberflächen	Metalloxid-Schicht	Backofen-Innenscheiben	Ja

Silber-Nanopartikel

Silber-Nanopartikel sollen entsprechend den Werbeaussagen der Hersteller aufgrund ihrer antimikrobiellen Wirkung vor allem in Küchengeräten und Küchenutensilien eingesetzt werden.

Auf dem deutschen Markt werden Kühlschränke mit der „Silber aktiv-Technologie“ angeboten, die damit beworben werden, dass durch Nano-Silberbeschichtung des Innenraumes Gerüche vermindert und das Wachstum von Keimen und Pilzen verhindert werden.

Auch im Bereich der Küchenutensilien gibt es eine Vielzahl an Produkten, die damit beworben werden, mit Silbernanopartikeln beschichtet zu sein, um eine antibakterielle Wirkung auf

der Oberfläche zu erzielen (siehe auch <http://www.nanotechproject.org/44>). Die Spannweite reicht von Essbesteck über Schneidbretter, Teekannen bis zu Babymilchflaschen. Ein weiteres Feld sind Kunststoffbehälter zur Aufbewahrung von Lebensmitteln. Ein größerer Teil dieser Produkte, die von asiatischen Unternehmen produziert werden, wird über das Internet oder „TV-Verkaufssendungen“ vertrieben. Inwieweit es sich tatsächlich um Anwendungen von Silber-Nanopartikeln handelt, ist nicht nachprüfbar.

Die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) hat bereits verschiedene Silberverbindungen zur Verwendung als Oberflächenbiozide in Kunststoffen für den Lebensmittelkontakt bewertet. Bei diesen Substanzen wird jedoch Silber nicht in Form von Nanopartikeln verwendet; die Wirksamkeit dieser Substanzen beruht auf der Freisetzung von Silberionen (AFC 2004; AFC 2005). Für die Migration von Silber wurde ein spezifischer Grenzwert von 0,05 mg/kg abgeleitet. Die EFSA-Bewertung schließt die Verwendung von Silber in nanopartikulärer Form nicht ein.

Ton-Nanopartikel

Als Ton-Nanopartikel werden Tonmineralien in Form von Montmorillonit eingesetzt. Dieses Schichtsilikat kommt in natürlicher Form bereits in Form von Teilchen mit einer Schichtdicke von ~ 1 Nanometer (nm) vor. Allerdings existieren die einzelnen Schichten des Montmorillonit nicht unabhängig voneinander, sondern agglomerieren zu größeren Bündeln, die von van der Waals-Kräften zusammengehalten werden. Um diese Nanoteilchen in ein Polymer wie Polypropylen, Polyethylenterephthalat oder Polyamid einzubringen, werden sie vorher in dem sogenannten „Exfoliation-Prozess“ voneinander getrennt und liegen dann in der Polymermatrix als individuelle Montmorillonit-Teilchen von ~1 nm Schichtdicke vor (Maul 2005; Lan Tie et al. 2001).

Je nach Anordnung der Tonteilchen, ob geordnet oder ungeordnet, dem Mengenanteil im Verhältnis zum Polymer (bis zu 6 % w/w) und dem Verhältnis zwischen Oberfläche und Schichtdicke, verändern sich die Eigenschaften des Gesamtmaterials, das als Nanokomposit bezeichnet wird.

Durch die Verwendung von Ton-Nanopartikeln soll die Steifheit des Materials verbessert werden, um so Mehrfachverpackungen zu sparen. Außerdem wird die Barriere-Funktion gegenüber Gasen wie Kohlendioxid und Sauerstoff und somit die Haltbarkeit von Lebensmitteln positiv beeinflusst. Nanokomposite eignen sich für die Herstellung von Folien zur Verpackung von Fleisch, Wurst, Käse oder Obst. Auch für Mikrowellenprodukte werden diese Folien verwendet. Weiterhin werden Nanokomposite bei der Herstellung von Kunststoff-Flaschen für Sauerstoff- und Kohlendioxid-sensitive Produkte wie Bier, Limonaden, Fruchtsäfte und Ketchup verwendet (Chaudhry 2008). Sowohl die Kunststoff-Flaschen als auch die Kunststoff-Folien bestehen aus bis zu 5 Einzelschichten, deren innerste Schicht in Polymer eingebettete Nano-Tonteilchen enthält. Werden dieser innersten Schicht zusätzlich nanopartikuläres Metall oder nanopartikuläre Metalloxide hinzugemischt, ergeben sich Verpackungen, die das UV-Licht besser absorbieren. Als Metalle oder Metalloxide werden Silber und Gold bzw. Zinkoxid, Titandioxid und Siliciumdioxid eingesetzt.

Es ist davon auszugehen, dass mit Ton-Nanopartikeln hergestellte Lebensmittelbedarfsgegenstände bereits vermarktet werden. Der darin verwendete Montmorillonit ist hinsichtlich der chemischen Zusammensetzung durch die Bewertung für natürliche Silikate erfasst, die unter der Ref.-Nr 85600 bereits im Unvollständigen Verzeichnis von Additiven zur Herstellung von Lebensmittelbedarfsgegenständen aus Kunststoff in der Richtlinie 2002/72/EG gelistet sind. Die der Aufnahme zugrundeliegende Bewertung schließt jedoch nicht die Verwendung in nanopartikulärer Form ein.

Erkenntnisse zum Übergang von nanopartikulärem Ton auf Lebensmittel liegen nicht vor. Aus physikalisch-chemischen Gründen kann bei sehr kleinen (1 nm großen) Nanopartikeln in Verpackungsmaterialien für Lebensmittel ein Übergang in das Lebensmittel nicht ausgeschlossen werden. Bei größeren, fest mit dem Verpackungsmaterial verbundenen Nanopartikeln ist ein solcher Übergang in das Lebensmittel dagegen unwahrscheinlich (Simon et al. 2008). Die derzeit bekannten Anwendungen beziehen sich auf die Verwendung von Nano-Ton in inneren Schichten von Verbundmaterialien, aus denen nicht mit einer Exposition von Verbrauchern gegenüber Nanopartikeln zu rechnen ist.

Werden Nano-Tonpartikel nicht in die oben genannten Polymere, sondern in Stärke eingearbeitet, erhält man eine biologisch abbaubare Verpackung, deren technische Eigenschaften denen von herkömmlich hergestellten Stärkepolymeren in Festigkeit und wasserabweisenden Eigenschaften überlegen ist (Halley 2006).

Derzeit gibt es keine Hinweise darauf, dass Fullerene, Nanoröhren bzw. Dendrimere im Lebensmittelverpackungsbereich eingesetzt werden.

Bezüglich beschriebener Entwicklungen im Bereich von aktiven und intelligenten Verpackungsmaterialien gibt es bislang keine Hinweise darauf, dass derartige Verpackungssysteme bereits eingesetzt werden.

Unter der Bezeichnung „NanoDur“ sind im Handel Kochgeschirre erhältlich, insbesondere PTFE-beschichtete Pfannen. Für ihre Herstellung werden PTFE-Nanopartikel zur Verbesserung der Kantenhaftung der Beschichtung verwendet. Die Fertigerzeugnisse enthalten jedoch keine Nanopartikel, da die Beschichtung bei hoher Temperatur aufgeschmolzen wird und somit ihre Nanostruktur verliert.

Es wird darauf hingewiesen, dass als Nanomaterialien bisher von der EFSA zur Verwendung in Kunststoffen für den Lebensmittelkontakt lediglich Siliziumdioxid, das als Oberflächenbeschichtung mit einer max. Dicke von 100 nm auf Gegenständen aus Polyethylenterephthalat erzeugt wird, abschließend bewertet wurde (AFC 2007). Diese Beschichtung hat die Funktion einer Barriere für Gase, um CO₂-Verluste bei der Lagerung von kohlenstoffhaltigen Getränken zu minimieren. Bisher wurde diese Beschichtung noch nicht in die Kunststoff-Richtlinie der EU aufgenommen.

Gegenwärtig wird von der EFSA eine Bewertung von nanopartikulärem Titanitrid (TiN) vorgenommen (EFSA-Q-2006-323).

Aus der Literatur ist lediglich eine Studie zum Migrationsverhalten aus Lebensmittelbedarfsgegenständen, in denen Nanopartikel verwendet wurden, bekannt. Avella et al. (2005) stellten 2005 fest, dass in Gemüse, welches in Folien aus Nanoton-Stärkepolymeren verpackt wurde, die Gehalte an Eisen und Magnesium geringfügig erhöht waren, die Gehalte von Silicium als Hauptbestandteil des Tons lagen in deutlich erhöhter Menge vor. Die Untersuchungen lassen jedoch keine Aussage zum Übergang von Nanopartikeln zu.

Im Zusammenhang mit der Prüfung des Übergangs von Nanopartikeln aus Bedarfsgegenständen auf Lebensmittel ist allerdings darauf hinzuweisen, dass die in den EU-Vorschriften festgelegten flüssigen Simulanzien und Extraktionslösemittel nicht geeignet erscheinen, mögliche abrasive Effekte widerzuspiegeln, die bei Anwendungen im Kontakt mit festen Lebensmitteln auftreten können.

4 Handlungsempfehlung/Maßnahmen

Die von Kritikern der Anwendung der Nanotechnologie im Lebensmittelbereich derzeit zugrundegelegten toxikologischen Daten zur Bewertung von Nanomaterialien sind ebenso wie die Daten zur Expositionsabschätzung für eine Risikobewertung eines Einsatzes von Nanomaterialien im Lebensmittelbereich unzureichend.

Bereits zugelassene Substanzen, bei deren erstmaliger Bewertung die nanoskalige Partikelgröße nicht einbezogen war und die nun in Nanoform eingesetzt werden sollen, müssen vor ihrer Verwendung gesundheitlich neu bewertet werden.

5 Referenzen

AFC (2004): Opinion of the Scientific Panel on Food Additives, Flavourings, Processing Aids and Materials in Contact with Food (AFC) on a request from the Commission related to a 4th list of substances for food contact materials, The EFSA Journal (2004) 65, 1-17

AFC (2005): Opinion of the Scientific Panel on food additives, flavourings, processing aids and materials in contact with food (AFC) on a request from the Commission related to a 7th list of substances for food contact materials The EFSA Journal (2005) 201, 1-28

AFC (2007): Opinion of the Scientific Panel on food additives, flavourings, processing aids and materials in contact with food (AFC) on a request related to a 14th list of substances for food contact materials, The EFSA Journal (2007) 452 to 454, 1-10

Avella M. et al. (2005): Biodegradable starch/clay nanocomposite films for food packaging applications. Food Chemistry 93:467-474

BAuA, BfR, UBA (2007): Nanotechnologie: Gesundheits- und Umweltrisiken von Nanomaterialien – Forschungsstrategie, Dezember 2007, http://www.bfr.bund.de/cm/220/nanotechnologie_gesundheits_und_umweltrisiken_von_nanomaterialien_forschungsstrategie_endfassung.pdf [online 31.07.2008]

Braydich-Stolle L, Hussain S, Schlager J, Hofmann M. (2005): In Vitro Cytotoxicity of Nanoparticles in Mammalian Germline Stem Cells. Toxicol Sci 88(2): 412–419.

Brunner T, Piusmanser P, Spohn P, Grass R, Limbach L, Bruinink A, Stark W. (2006): In Vitro Cytotoxicity of Oxide Nanoparticles: Comparison to Asbestos, Silica, and the Effect of Particle Solubility. Environ Sci Technol 40:4374-4381

Chaudhry, Q et al. (2008): Applications and implications of nanotechnologies for the food sector. Food Add. Contam. 241-258

Chaudhry Q., Scotter M., Blackburn J., Ross B., Boxall A., Castle L., Aitken R., Watkins R. (2008): Applications and implications of nanotechnologies for the food sector. Food Additives and Contaminants 25(3): 241-258

Chen M, von Mikecz A. (2005): Formation of nucleoplasmic protein aggregates impairs nuclear function in response to SiO₂ nanoparticles. Experiment Cell Res 305:51-62.

Donaldson K, Beswick P, Gilmour P. (1996): Free radical activity associated with the surface of particles: a unifying factor in determining biological activity? Toxicol Lett 88:293-298.

EC (2001): General Classification and Labelling Requirements for Dangerous Substances and Preparations

http://ecb.jrc.it/documents/Classification-Labelling/DIRECTIVE_67-548-EEC/Annex_VI.pdf

EC (2003): Technical Guidance Documents

http://ecb.jrc.it/Documents/TECHNICAL_GUIDANCE_DOCUMENT/EDITION_2

EC (2005): Nanowissenschaften und Nanotechnologien: Ein Aktionsplan für Europa 2005-2009. ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/nanotechnology/docs/nano_action_plan2005_de.pdf

EC (2006): Testing methods

<http://ecb.jrc.it/testing-methods/>

EFSA Register of questions: EFSA-Q-2006-323

http://www.efsa.europa.eu/EFSA/efsa_locale-1178620753812_home.htm

Halley, P et al. (2006): Biodegradable Polymer U.S. Patent 7094817

Hussain S, Hess K, Gearhart J, Geiss K, Schlager J. (2005): In vitro toxicity of nanoparticles in BRL 3A rat liver cells. *Toxicol In Vitro* 19:975-983.

Hussain S, Javorina A, Schrand A, Duhart H, Ali S, Schlager J. (2006): The interaction of manganese nanoparticles with PC-12 cells induces dopamine depletion. *Toxicol Sci* 92(2):456-46.

Klimisch H.-J., Andreae M., Tillmann U. (1997): A Systematic Approach for Evaluating the Quality of Experimental Toxicological and Ecotoxicological Data. *Reg.Toxicol. and Pharmacol.* 25, 1-5

Kommission der Europäischen Gemeinschaften (KOM (2000)1 endgültig) (2000): Mitteilung der Kommission über die Anwendbarkeit des Vorsorgeprinzips

Lan Tie et al. (2001): Intercalates formed with MXD6 nylon intercalants U.S. Patent 6232388

Long T, Saleh N, Tilton R, Lowry G, Veronesi B. (2006): Titanium dioxide (P₂₅) produces reactive oxygen species in immortalized brain microglia (BV2): Implications for nanoparticle neurotoxicity. *Environ Sci Technol* 40(14):4346-4352.

Maul, P. (2005): Barrier Enhancement using additives

http://www.nanocor.com/tech_papers/BARRIER%20ENHANCEMENT%20USING%20ADDITIVES%20110605.pdf

OECD (2007): OECD Guidelines for the Testing of Chemicals

http://oberon.sourceoecd.org/vl=3019884/cl=17/nw=1/rpsv/periodical/p15_about.htm?jnlissn=1607310x

SCENIHR (2006): The synthesis report on the public consultation of the SCENIHR opinion on the appropriateness of existing methodologies to assess the potential risks associated with engineered and adventitious products of nanotechnologies

http://ec.europa.eu/health/ph_risk/documents/synth_report.pdf

SCENIHR (2007): Opinion on the appropriateness of the risk assessment methodology in accordance with the technical guidance documents for new and existing substances for assessing the risks of nanomaterials

http://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/04_scenihhr/docs/scenihhr_o_010.pdf

SCF (2001) Guidance on submissions for food additive evaluations by the Scientific Committee on Food (opinion expressed on 11 July 2001).

http://europa.eu.int/comm/food/fs/sc/scf/out98_en.pdf

Simon P, Chaudry Q, Bakos D (2008) Migration of engineered nanoparticles from polymer packaging to food – a physicochemical view, *Journal of Food and Nutrition Research*, Vol. 47, No. 3, 105-113

The Project on Emerging Nanotechnologies, partnership between the Woodrow Wilson International Center for Scholars and the Pew Charitable Trusts

<http://www.nanotechproject.org/44>

UBA (2007): Texte 10/07 des Umweltbundesamtes “Rechtsgutachten Nanotechnologie”

www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3198.pdf

Wang B, Feng WY, Wang TC, Jia G, Wang M, Shi JW, Zhang F, Zhao YL, Chai ZF (2006) Acute toxicity of nano- and micro-scale zinc powder in healthy adult mice.

Toxicol Lett. 161(2):115-23.

Wang B, Feng W, Wang M, Wang T, Gu Y, Zhu M, Ouyang H, Shi J, Zhang F, Zhao Y, Chai Z, Wang H, Wang J. (2007): Acute toxicological impact of nano and submicro-scaled zinc oxide powder on healthy adult mice. *J Nanopart Res* 10(2):263-276

Wang J, Zhou G, Chen C, Yu H, Wang T, Ma Y, Jia G, Gao Y, Li B, Sun J, Li Y, Jiao F, Zhao Y, Chai Z (2007) Acute toxicity and biodistribution of different sized titanium dioxide particles in mice after oral administration.

Toxicol Lett. 168(2):176-185.

WHO 1987 Principles for the safety assessment of food additives and contaminants in food, *Environmental Health Criteria 70*, World Health Organisation, Geneva.

<http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc70.htm>