



# Aus dem Labor auf den Teller

Die Nutzung der Nanotechnologie  
im Lebensmittelsektor

**Impressum**

Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V (BUND) · Friends of the Earth Germany · Am Köllnischen Park 1 · 10179 Berlin · Tel.: 0 30/2 75 86-40 · Fax: 0 30/2 75 86-4 40 · Text: Patricia Cameron, Katja Vaupel · Redaktion: Dr. Rolf Buschmann · Basierend auf der Studie von Friends of the Earth (FoE) Australien, FoE USA und FoE Europa „Out of the laboratory and on to our plates: Nanotechnology in food and agriculture“ Autorinnen: Georgia Miller und Dr. Rye Senjen, Friends of the Earth Australia, Nanotechnology Project · V.i.S.d.P.: Yvonne Weber · Gestaltung: N Et U GmbH · Titelbild: shutterstock.com/Ermolaev Alexander

Dieser Bericht ist eine komplett aktualisierte Version des Berichts „Aus dem Labor auf den Teller – Die Nutzung der Nanotechnologie im Lebensmittelsektor“ von 2008. Wir haben überprüft, welche Lebensmittel aktuell auf dem Markt erhältlich sind, welche Studien zur Umwelt- und Gesundheitswirkung veröffentlicht wurden und wie die Gesetzgebung auf die Risiken, die von diesen neuartigen Stoffen ausgehen, reagiert.

# Inhalt

<b>Zusammenfassung</b>	<b>4</b>	<b>7. Risiken für die Umwelt</b>	<b>38</b>
<b>1. Einführung</b>	<b>7</b>	Risiken durch verschiedene Stoffe • Risiken durch Nano-Silber • Risiken durch Nano-Titandioxid • Risiken durch Nano-Zinkoxid • Risiken durch Nano-Pestizide • Perspektiven	
<b>2. Nanomaterialien im Lebensmittelbereich</b>	<b>9</b>	<b>8. Gesetzliche Regelungen in der Europäischen Union und in Deutschland</b>	<b>42</b>
Was sind Nano-Lebensmittel? • Nano-Produkte auf dem deutschen Markt • In Zukunft wird es mehr Nano-Produkte geben		Die Debatte um die richtige Definition • Regelungen für Lebensmittel • Kennzeichnung von Lebensmitteln mit Nanomaterialien • Verordnung über neuartige Lebensmittel und neuartige Lebensmittelzutaten • Lebensmittel-Zusatzstoffe • Nahrungsergänzungsmittel • Verpackungen und Küchenutensilien • Regelungen für Futtermittel und Pestizide • Futtermittel • Pestizide • Regelungen zu Immissionen, Wasserschutz und Abfall • REACH • Nanoproduktregister • Arbeitsschutz • Risikobewertung: für Nanomaterialien möglich? • Standardisierte Testverfahren fehlen • Immer noch immense Wissenslücken	
<b>3. Die Nutzung der Nanotechnologie in der Lebensmittelverarbeitung</b>	<b>12</b>	<b>9. Alternativen: Biolandwirtschaft und gesunde Ernährung</b>	<b>55</b>
Nanopartikel als Verarbeitungshilfen und Lebensmittelzusatzstoffe • Nano-Verkapselung • Funktionelle Lebensmittel • Nahrungsergänzungsmittel		Biolandwirtschaft ohne Nanomaterialien • Nanotechnologie stärkt die industrielle Landwirtschaft • Marktmacht großer Unternehmen wächst	
<b>4. Lebensmittelverpackungen, Beschichtungen und Küchenartikel</b>	<b>19</b>	<b>10. Forderungen an die Politik</b>	<b>57</b>
Verpackungen mit antibakterieller Wirkung • Verpackungen mit Barrierewirkung gegen Gase und Feuchtigkeit • Verpackungen mit UV-Schutz • Essbare Nanobeschichtungen – in den USA und Kanada bereits Wirklichkeit? • Intelligente Verpackungen mit aktiven Nanostrukturen • Nanobeschichtungen für die Lebensmittelproduktion • Nano-Reinigungsmittel und –Beschichtungen für Küchenutensilien • Der Ketchup ist noch nicht vom Tisch		<b>Anhang A: Literatur</b>	<b>58</b>
<b>5. Nanotechnologie und Landwirtschaft</b>	<b>26</b>	<b>Anhang B: Nano-Produkte auf dem deutschen und internationalen Markt</b>	<b>66</b>
Agrochemikalien auf Nano-Basis sind bereits im Einsatz • Nano-Futtermittel • Nanosensoren in der Landwirtschaft			
<b>6. Risiken für die menschliche Gesundheit</b>	<b>30</b>		
Wie wir mit Nanomaterialien im Lebensmittelsektor in Kontakt kommen • Aufnahme über den Verdauungstrakt • Verteilung im Körper • Studien zeigen Gesundheitsrisiken • Nano-Siliziumdioxid – keine abschließende Risikobewertung möglich • Nano-Silber: weit verbreitet – Risiko wird bekannter • Nano-Titandioxid – Hinweise auf krebserregendes Potenzial • Nano-Zinkoxid • Nano-Kupfer • Nahrungsergänzungsmittel können Gesundheitsprobleme verursachen • Arbeitsschutz – eine dringende Angelegenheit • Gesundheitsrisiken durch Agrochemikalien			

# Zusammenfassung

Acht Jahre nach Erscheinen des ersten BUND-Berichts „Aus dem Labor auf den Teller – Die Nutzung der Nanotechnologie im Lebensmittelsektor“ (BUND 2008) ist der Einsatz von Nanomaterialien im Lebensmittelbereich nicht vom Tisch. Im Gegenteil: Die Anwendung von synthetischen Nanostoffen in Lebensmitteln, Lebensmittelverpackungen, Küchenutensilien und in der Landwirtschaft nimmt zu. Unsere Recherchen 2015 ergaben, dass in Deutschland 47 Produkte mit synthetischen Nanomaterialien in den Bereichen Zusatzstoffe, Nahrungsergänzungsmittel, Verpackungen und Küchenutensilien, Reinigungsmittel und Pestizide auf dem Markt sind. 2008 konnten wir 26 Produkte ausfindig machen. Die „Dunkelziffer“ ist nicht bekannt, da die meisten Produkte mit synthetischen Nanomaterialien nicht gekennzeichnet oder gemeldet werden müssen und die Lebensmittel-, Futtermittel- und Pestizidindustrie weiter ein großes Geheimnis um den Einsatz von Nanomaterialien macht. Die im Dezember 2014 in Kraft getretene Kennzeichnungspflicht für Nano-Lebensmittel enthält zu viele Schlupflöcher, so dass auch Lebensmittel, die Nanomaterialien enthalten, weiterhin ungekennzeichnet bleiben.

In naher Zukunft werden weitere Nano-Produkte im Lebensmittelsektor auf den Markt kommen. Die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) erwartet, dass „nanotechnologische Erzeugnisse in der Zukunft einen erheblichen Einfluss auf den Lebens- und Futtermittelsektor haben“ könnten (EFSA ohne Datum). Auch die Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen (FAO) und die Weltgesundheitsorganisation (WHO) geht davon aus, dass „in den nächsten Jahren mit Nanotechnologie hergestellte Lebensmittel weltweit immer stärker verfügbar sein werden“ (FAO/WHO 2010).

Gleichzeitig gibt es nach wie vor große Wissenslücken, was die Sicherheit der eingesetzten Nanomaterialien betrifft. Insbesondere über die Auswirkungen von Nanomaterialien, wenn sie über Lebensmittel aufgenommen werden und über ihr Verhalten in der Umwelt, besteht noch Unklarheit. Die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) stellte fest, dass „das Verständnis über die möglichen Gefahren nach oraler Aufnahme von Nanomaterialien in den Kinderschuhen steckt“ (EFSA 2009).

Seit 2008 sind weitere Studien hinzugekommen, die Risiken zeigen, denen kaum ein Nutzen für Verbraucher gegenüber steht. So wurden synthetische Nanomaterialien nach oraler Aufnahme in Organen wie Herz, Leber, Milz, Lunge, Niere, Gehirn und dem

Knochenmark nachgewiesen. Ein Übertritt von Nanopartikeln über die Plazenta in den Fötus ist möglich. Zudem gibt es Hinweise, dass Nanomaterialien die Blut-Hirn-Schranke überwinden können. Nanomaterialien können in Zellen eindringen. Durch die Aufnahme von nicht abbaubaren Nanopartikeln kann es über eine akute Toxizität hinaus möglicherweise zu gesundheitlichen Langzeitschäden kommen. Auch das Bundesinstitut für Risikobewertung und das Umweltbundesamt sehen deutliche Hinweise darauf, dass einige Nanomaterialien ein krebserregendes bzw. stärker krebserregendes Potential im Unterschied zu mikroskaligen Partikeln aus demselben Material besitzen (BfR/UBA 2010).

Auch die Datenlage zu Auswirkungen von synthetischen Nanomaterialien in der Umwelt ist sehr begrenzt. Bekannt sind insbesondere negative Wirkungen auf Wasserorganismen. Die Anwendung von Nano-Produkten wird zukünftig verstärkt dazu führen, dass durch Abfälle und Abwässer, Abnutzungen während des Gebrauchs, durch Entsorgung und Recycling sowie durch bewusst ausgebrachte Nanostoffe wie Pestizide und Dünger Nanomaterialien in die Umwelt gelangen.

Immerhin berücksichtigen erste Gesetze synthetische Nanomaterialien in Lebensmitteln und Verpackungen. Laut der EU-Verordnung für Lebensmittelzusatzstoffe müssen Nano-Zusatzstoffe in den nächsten Jahren neu bewertet werden und dürfen nur dann weiter eingesetzt werden, wenn sie in eine Positivliste aufgenommen wurden. Die neue Verordnung über Neuartige Lebensmittel („Novel-Food-Verordnung“) ist am 31.12.2015 in Kraft getreten und muss ab 2018 angewendet geben. Auch technisch hergestellte Nanomaterialien müssen demzufolge zugelassen und gekennzeichnet werden, soweit diese vor dem 15. Mai 1997 noch nicht in nennenswertem Umfang in Lebensmitteln eingesetzt wurden. Nach der EU-Verordnung zur Information der Verbraucher über Lebensmittel müssen Lebensmittel mit Nanomaterialien jedoch bereits seit Ende 2014 gekennzeichnet werden und die EU-Kunststoffverordnung regelt auch die Anwendung von Nanostoffen in Plastikmaterialien. Für viele Produkte mit synthetischen Nanomaterialien gibt es jedoch noch keine gesetzlichen Regelungen, so wurde die EU-Chemikalienverordnung REACH noch nicht dahingehend überarbeitet. Andere Gesetze wie die EU-Pestizid-Verordnung enthalten trotz Überarbeitung keine speziellen Regelungen für Nanomaterialien.

## Einiges hat sich seit 2008 geändert:

- Weitere Produkte mit Nanomaterialien in den Bereichen Lebensmittel, Verpackungen, Küchenutensilien und in der Landwirtschaft wurden auf den Markt gebracht.
- Die zunehmende Anwendung von Nanomaterialien macht es wahrscheinlicher, dass mehr Menschen mit diesen Materialien in Kontakt kommen.
- Es gibt erste Gesetze, die Nanomaterialien berücksichtigen.
- Die Ende 2014 in Kraft getretene Kennzeichnungspflicht für „Nano-Lebensmittel“ hat nicht zu mehr Transparenz geführt.
- Weitere Studien zeigen ein Risiko von Nanomaterialien für Mensch und Umwelt.
- Forderungen nach einer Vermeidung der Freisetzung von Nanomaterialien nehmen zu.
- Bioanbauverbände verbieten den Einsatz von Nanomaterialien.
- Definitionen von Nanomaterialien wurden weiterentwickelt.

## Vieles ist unverändert:

- Welche Lebensmittel mit Nanomaterialien tatsächlich auf dem Markt sind, ist nicht bekannt. Es gibt in Deutschland kein verpflichtendes Produktregister.
- Das Wissen über die Gefahren von und Belastungen mit Nanomaterialien ist nicht ausreichend, um die Risiken abschließend beurteilen zu können.
- Methoden zur Erfassung von Belastungen durch und Gefahren von Nanomaterialien müssen weiter entwickelt werden.
- Ein Nutzen für Verbraucher ist beim Einsatz von Nanomaterialien in Lebensmitteln und in der Landwirtschaft nach wie vor nicht erkennbar.

# Forderungen des BUND

## Nanomaterialien im Lebensmittelbereich und in der Landwirtschaft

Der BUND fordert den vollständigen Verzicht des Einsatzes von Nanomaterialien für Lebensmittel, Lebensmittelzusatzstoffe, Nahrungsergänzungsmittel, Lebensmittelverpackungen, Küchenutensilien und -geräte sowie Agrochemikalien, solange bis wirksame nanospezifische Regelungen in Kraft sind, ausreichende Daten zur Risikobewertung vorliegen, die mögliche Risiken hinreichend sicher ausschließen sowie für Verbraucher die Wahlfreiheit zwischen Nano-Produkten und nano-freien Produkten gewährleistet ist.

## Forderungen an die Politik

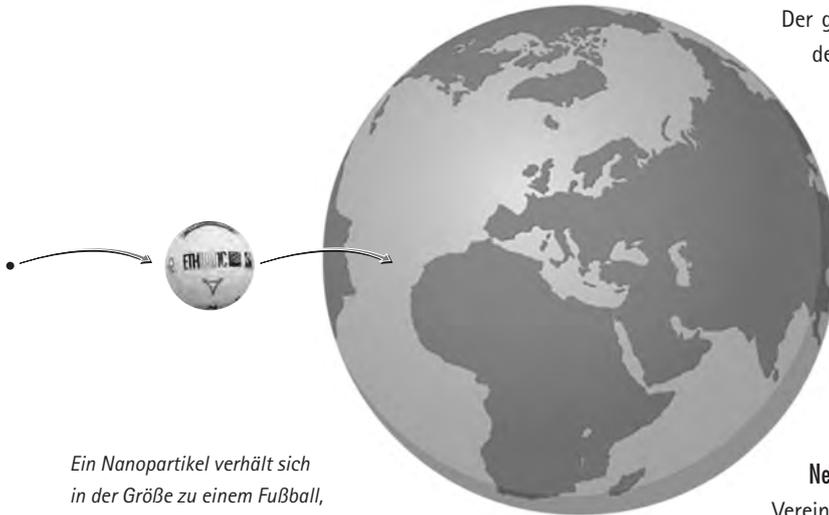
- Es gilt der Grundsatz: Keine Daten – kein Markt. In allen gesetzlichen Regelwerken im Lebensmittelbereich sollen Anforderungen für nanospezifische Sicherheitstests verpflichtend vorgeschrieben werden.
- Solange keine ausreichenden Daten vorgelegt werden, die mögliche Gefahren für die menschliche Gesundheit hinreichend sicher ausschließen, darf ein Produkt nicht vermarktet werden.
- Nanomaterialien müssen auch chemikalienrechtlich als Neustoffe eingestuft werden und spezifisch für sie entwickelte Sicherheitstests und Risikobewertungen für Umwelt und Gesundheit durchlaufen. Dies muss auch dann erfolgen, wenn die Eigenschaften von Makro-Teilchen der gleichen Substanz als ungefährlich eingestuft wurden.
- Alle für die Sicherheitsbeurteilung relevanten Daten und Informationen werden der Fachöffentlichkeit zugänglich gemacht.
- Alle im Lebensmittelbereich genutzten synthetischen Nanomaterialien müssen eindeutig auf Produktverpackungen oder Geräten kenntlich gemacht werden. Dies gilt auch für Agrochemikalien, die synthetische Nanomaterialien enthalten.

- Die Definition von Nanomaterialien ist so anzupassen, dass diese auch dann einer nanospezifischen Regulierung unterworfen werden, wenn sie in allen Dimensionen größer als 100 nm sind, aber in ihren Eigenschaften den Materialien unter 100 nm vergleichbar sind und sich in ihrem Verhalten grundlegend von größeren Partikeln des gleichen Stoffes unterscheiden.
- Die Fördermittel für die Erforschung der möglichen Risiken sind auf eine Höhe von ca. 10-15 Prozent der gesamten Fördermittel für die Nanotechnologie anzuheben und entsprechend der Empfehlungen der Forschungsstrategie der Bundesbehörden bzw. der Nanokommission sofort bereitzustellen.

## Forderungen an Hersteller und Handel

- Es sollen nur Produkte auf den Markt gebracht werden, die weder für die menschliche Gesundheit noch die Umwelt gefährlich sein können. Solange Risiken für die Gesundheit der Verbraucher und die Umwelt nicht hinreichend sicher ausgeschlossen werden können, dürfen Nano-Lebensmittel nicht vermarktet werden.
- Eine eindeutige Produktkennzeichnung muss die Wahlfreiheit der Kunden zwischen Nano-Produkten und nano-freien Produkten gewährleisten.

# 1. Einführung



Ein Nanopartikel verhält sich in der Größe zu einem Fußball, wie der Fußball zur Erde

## Was ist Nanotechnologie?

Der Begriff Nanotechnologie beschreibt keine einzelne Technologie, sondern umfasst unterschiedliche Techniken, die auf der Größenordnung der Bausteine biologischer und synthetischer Materialien agieren: dem „Nano-Bereich“.

Ein Nanometer (nm) ist ein Tausendstel eines Mikrometers ( $\mu\text{m}$ ), ein Millionstel eines Millimeters (mm) und ein Milliardenstel eines Meters (m). Zum Vergleich: Ein DNS-Strang ist 2,5 nm, ein Proteinmolekül 5 nm, ein rotes Blutkörperchen 7.000 nm und ein menschliches Haar 80.000 nm breit.

Nanotechnologie wird als Plattformtechnologie bezeichnet, da damit eine große Bandbreite von Anwendungen beschrieben wird. Eingesetzt wird sie beispielsweise in der Elektronikbranche, beim Automobilbau, in der Architektur, der Medizin sowie bei der Herstellung von Kosmetika. Auch in der Lebensmittelindustrie und in der Landwirtschaft bieten die besonderen Eigenschaften von Nanomaterialien viele neue Einsatzmöglichkeiten. Sie können als Verarbeitungshilfen und Nahrungsergänzungsmittel, antibakterielle Zusätze von Lebensmittelverpackungen und stärkere Pestizide und Dünger für die Landwirtschaft eingesetzt werden.

Der grundlegende Mechanismus der Eigenschaftsänderung von Stoffen in Nano-Form ist die Vergrößerung der Oberfläche, die mit völlig anderen physikalisch-chemischen Eigenschaften als in größerer Form einhergeht. Natürlich vorkommende Stoffe wie Titandioxid (Weißpigment als Lebensmittelzusatz), Siliziumdioxid (Füllstoff) oder unlösliche Vitamine wie Koenzym Q10 zeigen eine enorm angestiegene Reaktivität oder schlagartige Wasserlöslichkeit, wenn sie als Nanopartikel hergestellt werden.

## Neue Eigenschaften bergen neue Risiken

Vereinfacht ausgedrückt verursacht eine kleine Partikelgröße neue Eigenschaften, die neue Risiken bergen können. Nanopartikel haben eine sehr stark vergrößerte Oberfläche, die im Vergleich zu größeren Partikeln gleicher chemischer Zusammensetzung eine höhere chemische Reaktivität, höhere biologische Aktivität und ein stärkeres katalytisches Verhalten aufweisen (Garnett und Kallinteri 2006; Limbach et al. 2007; Nel et al. 2006). Gerade diese höhere chemische Reaktivität und Bioverfügbarkeit (Menge eines Nährstoffs, der tatsächlich aus dem Lebensmittel in den Körper aufgenommen wird und für diesen verfügbar ist) kann jedoch auch zu einer höheren Toxizität der Nanopartikel im Vergleich zur gleichen Masse größerer Partikel führen (Hoet et al. 2004; Oberdörster et al. 2005; Oberdörster et al. 2005 II). Die Toxizität der Nanopartikel wird aber auch noch durch weitere Faktoren beeinflusst: Hierzu gehören die chemische Zusammensetzung, die Form, die Oberflächenstruktur, die Flächenladung, das Ausmaß der Teilchenzusammenballung oder –wiederauflöserung sowie das Vorhandensein oder das Fehlen anderer, anhaftender Gruppen von Chemikalien (Brunner et al. 2006; Magrez et al. 2006; Sayes et al. 2004; Sayes et al. 2006).

Nanomaterialien werden vom Körper weitaus besser aufgenommen als größere Partikel. Sie wurden nach Aufnahme über Lebensmittel in Organen wie Herz, Leber, Milz, Lunge, Niere, Gehirn und dem Knochenmark nachgewiesen (LUBW 2010). Nicht lösliche Nanomaterialien bleiben möglicherweise für lange Zeit im Körper und reichern sich dort an (EFSA 2009). Auch die Plazenta kann mit Nanomaterialien belastet werden (Correia et al. 2013). Ein Übertritt von Nanopartikeln über die Plaz-

enta in den Fötus könnte möglich sein (Empa 2011; UBA 2009). Nanomaterial, das weniger als 300 nm misst, kann in einzelne Zellen eindringen (Garnett und Kallinteri 2006). 30 nm große Nanopartikel können in den Zellkern eindringen und bis zu 2 nm große Partikel können sich an der DNS anlagern (UBA 2009).

Es ist nicht geklärt, ob und welche Nanomaterialien durch den Magen-Darm-Trakt aufgenommen werden, in welchen Mengen dies geschieht, ob sie aufgeschlossen, als intakte nanoskalige Strukturen aufgenommen oder ausgeschieden werden (MRI 2010). Wie hoch die Aufnahme von Stoffen über den Magen-Darm-Trakt ist, scheint unter anderem abhängig von ihren Eigenschaften wie Größe und Oberflächenstruktur zu sein. So war die Aufnahme bei Ratten über den Verdauungstrakt 15–250 höher, wenn die Partikel nur 100 nm groß waren im Vergleich zu größeren Partikeln (LUBW 2010).

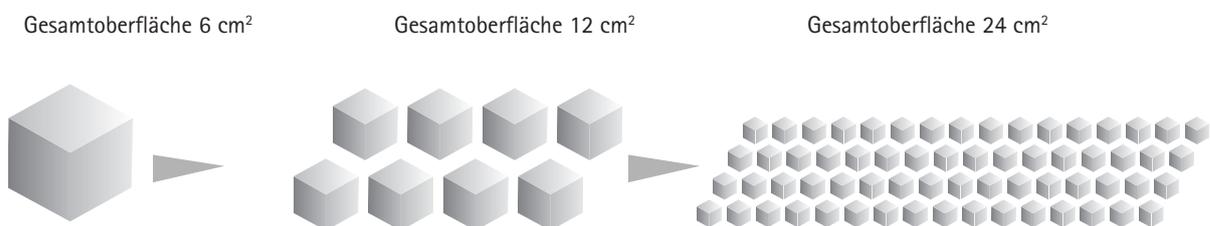
Manche Nanomaterialien wirken bei In-vitro-Versuchen toxisch auf menschliches Gewebe und Zellkulturen. Erhöhter oxidativer Stress (Produktion von zellschädigendem reaktivem Sauerstoff), die Produktion von entzündlichen Zytokinen (kleinen Proteinen, die von Zellen ausgeschüttet werden), DNS-Mutationen (Geiser et al. 2005), Schäden an der Struktur des Zellkerns und die Beeinträchtigung von Zellaktivität und Wachstum, Schäden an den Mitochondrien (Kraftwerke innerhalb der Zelle, die sie mit Energie versorgen) (Chen und von

Mikecz 2005) und sogar Zelltod (Li et al. 2003) wurden festgestellt. Sowohl bei In-vitro- als auch In-vivo-Versuchen haben sich Nanomaterialien aus Titandioxid, Silber und Zink, die bereits jetzt in der Lebensmittelindustrie verwendet werden, als toxisch erwiesen. Große Unsicherheiten bestehen unter anderem bei Nano-Siliziumdioxid, das häufig im Lebensmittelbereich eingesetzt wird.

Nanomaterialien haben so vielfältige Eigenschaften und Verhaltensweisen, dass eine allgemein gültige Bewertung ihrer Gesundheits- und Umweltrisiken nicht möglich ist (Maynard 2006). Stoff, Form, Ladung und Größe der verschiedenen Partikel beeinflussen ihr kinetisches Verhalten (Aufnahme, Verteilung, Verstoffwechslung und Ausscheidung) und ihre toxischen Eigenschaften (Hagens et al. 2007). Aus diesem Grund können sogar Nanomaterialien derselben chemischen Zusammensetzung in unterschiedlichen Größen oder Formen unterschiedliche Toxizitäten aufweisen (Sayes et al. 2006).

Bis es ein wesentlich umfangreicheres Verständnis des biologischen Verhaltens von Nanomaterialien gibt, wird es unmöglich sein, die Gefahren der verschiedenen Materialien voraussagen zu können. Jedes neue Nanomaterial muss daher eine eigene Gesundheits- und Risikobewertung vor seiner kommerziellen Nutzung durchlaufen.

## Oberflächenvergrößerung



Prinzip der Oberflächenvergrößerung bei Verkleinerung der Partikelgröße trotz gleichbleibendem Gesamtvolumen

## 2. Nanomaterialien im Lebensmittelbereich

Unsere Recherchen 2015 ergaben, dass in Deutschland mittlerweile mindestens 47 Nano-Produkte in den Bereichen Zusatzstoffe,- Nahrungsergänzungsmittel, Verpackungen und Küchengeräten, Reinigungsmitel und Pestizide auf dem Markt sind. Die „Dunkelziffer“ ist vermutlich hoch, da die meisten Nano-Produkte noch nicht gekennzeichnet oder gemeldet werden müssen und die Industrie weiter ein großes Geheimnis um den Einsatz von Nanomaterialien im Lebensmittelbereich macht. So stellte ein Wissenschaftler der niederländischen Wageningen Universität schon 2009 fest, dass „europäische Lebensmittelunternehmen bereits Nanotechnologie in Produkten einsetzen, aber nur wenige freiwillig Informationen an Verbraucher preis geben“ (ScienceDaily 2009). Es ist daher unmöglich, die wirkliche Anzahl an Nano-Produkten im Lebensmittel-sektor auf dem deutschen Markt zu bestimmen.

Die Europäische Lebensmittelbehörde (EFSA) hat eine Bestandsaufnahme zur derzeitigen und zukünftigen Anwendung von Nanomaterialien im Lebensmittel-, Futtermittel- und Landwirtschaftssektor in der EU durchgeführt. Dabei zeigt sich, dass Nano-Kapseln, Nano-Silber und Nano-Titandioxid die derzeit am häufigsten eingesetzten Stoffe sind. Die Haupteinsatzbereiche sind Lebensmittelzusatzstoffe und -kontaktmaterialien. Insgesamt wurden bei der EFSA Untersuchung 55 verschiedene Typen an Nanomaterialien bei 633 Nanotechnologie derzeitigen und möglichen Anwendungen für den Lebensmittelbereich gefunden. 276 davon sind bereits auf dem Markt (EFSA 2014).

Für den internationalen Markt wurden in dieser Studie nur Beispiele aufgeführt, da eine umfassende internationale Recherche den Rahmen der Arbeit überschritten hätte. In der vom US-amerikanischen Woodrow Wilson International Center for Scholars geführten Nano-Datenbank sind 135 Produkte (Stand Januar 2016) für den Lebensmittelsektor (Lebensmittel, Zusatzstoffe, Nahrungsergänzungsmittel, Aufbewahrung, Küchengeräten, große Küchengeräte) aufgeführt (WWIC 2015). Vermutlich sind weit mehr Produkte auf dem Markt. Schätzungen gingen 2008 bereits davon aus, dass 150–600 Nano-Lebensmittel und 400–500 Lebensmittelverpackungen mit Nano-Zusätzen auf dem internationalen Markt sind (Daniells 2007; Helmut Kaiser Consultancy Group 2007 I; Helmut Kaiser Consultancy Group 2007 II; Reynolds 2007). Zudem können viele Produkte, die nicht in deutschen Geschäften oder über deutsche Websites angeboten werden, trotzdem über das Internet bestellt werden.

Dass bereits relevante Mengen an Nanomaterialien in Lebensmitteln und in der Landwirtschaft eingesetzt werden, zeigt auch eine Bilanz aus Frankreich. Hier müssen Nanomaterialien, die in Mengen über 100 Gramm hergestellt, importiert oder gehandelt werden, von Unternehmen und Forschungseinrichtungen gemeldet werden. 2012 wurden insgesamt 500.000 Tonnen Nanomaterialien in Frankreich in Verkehr gebracht, davon 13.000 Tonnen in Lebensmitteln sowie 6.000 Tonnen für die Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Fischerei. Es liegt nahe anzunehmen, dass auch Unternehmen in Deutschland entsprechend große Mengen Nanomaterialien in Landwirtschaft und Lebensmitteln einsetzen (SAG 2013).

### Was sind Nano-Lebensmittel?

Unter dem Begriff „Nano-Lebensmittel“ werden Lebensmittel verstanden, die durch Anbau, Herstellung, Verarbeitung oder Verpackung synthetische Nanomaterialien enthalten. Nanotechnologische Verfahren können in verschiedenen Bereichen der Landwirtschaft, der Lebensmittelverarbeitung, der Lebensmittelverpackung und selbst in der Lebensmittelüberwachung sowie der Kontrolle landwirtschaftlicher Aktivitäten eingesetzt werden:

1. Nanopartikel als Verarbeitungshilfen und Lebensmittelzusatzstoffe (z. B. Titandioxid als Weißpigment, Siliziumdioxid als Rieselhilfe, Carotinoide als Farbstoffe);
2. Funktionelle Lebensmittel/Nano-Verkapselung: Stark verarbeitete Nahrungsmittel können als „gesunde“ Lebensmittel vermarktet werden, indem nanoverkapselte Vitamine oder andere angeblich gesundheitsfördernde Zusatzstoffe zugesetzt werden;
3. Die Produktion von stärkeren Geschmacks- und Farbstoffen sowie Lebensmittelzusätzen und Verarbeitungshilfen beschleunigt die Verarbeitung und senkt die Kosten für Inhaltsstoffe und Verarbeitung;
4. Nahrungsergänzungsmittel (z. B. Nanosilber, Koenzym Q10);
5. Lebensmittelverpackungen/ Küchenartikel, denen Nanomaterialien zugesetzt sind, um den Inhalt länger frisch zu halten (etwa über antibakterielle Wirkung oder Verpackung mit Barrierewirkung gegen Gase und Feuchtigkeit);
6. Entwicklung neuer stärkerer Agrochemikalien wie Dünger, Pestizide, Wachstumsregulatoren und Saatgutbehandlungsmittel.

### Nano-Produkte auf dem deutschen Markt

Eine Analyse der Nanoprodukt Datenbank des BUND ergibt insgesamt 55 Produkte mit Bezug zu den Bereichen Lebensmittel und Haushalt (www.nanowatch.de, Stand Februar 2016). Davon sind 26 Nahrungsergänzungsmittel und 17 Zusatzstoffe, weitere 12 Produkte können dem Bereich der Küchengeräte

und Kochutensilien zugeordnet werden. Es lassen sich jedoch auch weitere Produkte identifizieren die als Reinigungsmittel, Beschichtungen oder Agrochemikalien eine Relevanz für den Lebensmittelbereich haben könnten. Einige Produktbeispiele sind in Tabelle 1 dargestellt.

**Tabelle 1: Beispiele für Nano-Produkte auf dem deutschen Markt im Bereich Lebensmittel und Landwirtschaft (Gesamtübersicht mit Quellenangaben in Anhang A)**

Kategorie	Produkt	Hersteller	Nano-Inhalt	Angaben des Herstellers
Zusatzstoff	Cyclodextrine	Wacker Chemie AG	Nanokapseln: Cyclodextrine	organische Trägermoleküle von Aromen oder von Omega-3-Fettsäuren
Zusatzstoff	Lycovit®, Zur Anreicherung und Färbung von Lebensmitteln	BASF	synthetisches Lycopin	Nanoformuliertes Lycopin von BASF (Lucovit) wird z. B. in Getränken angewendet.
Zusatzstoff	AEROSIL® 380 F	Evonik	Siliziumdioxid	Rieselhilfe für Pulver in der Lebensmittel- und Futtermittelindustrie
Nahrungsergänzungsmittel	naNOX9	Muscletech	Nanoskaliges Stickstoffoxid	Durchflutet die Muskulatur sofort mit gefäßerweiternden Wirkstoffen.
Nahrungsergänzungsmittel	fairvital Colloidales Silber	fairvital	Nano-Silber	Antibakterielle Breitbandwirkung, zur Stärkung der Immunabwehr
Wasserfilter	Trinkwasser Spender HU-200	Wacor	Nano-Silber	Membran-Filter aus Nano-Silber
Kochgeschirr	Exdura NANO Pfannen	Westfalia	Nano-Keramik	Die [...] Antihafbeschichtung ist hoch erhitzbar, extrem hart und verträgt auch Metallwender problemlos.
Beschichtung	Kühlschrank Veredelung	Nanopool / Die Nano Experten	Nano-Siliziumdioxid	Die Oberfläche wird durch die Veredelung so glatt, dass weder Schmutz noch Bakterien haften bleiben und durch Abwischen problemlos entfernt werden können.
Beschichtung	nanotol Clean Et Shine Nanoversiegelung	CeNano	unspezifischer Nano-Inhalt	Nanoversiegelung für alle Oberflächen in der Küche; bildet eine unsichtbare Schmutz und Fett abweisende Schutzschicht.
Agrochemikalie	Banner MAXX Fungizid	Syngenta	unspezifischer Nano-Inhalt	Von Syngenta sind Nano-Pestizide auf dem Markt, die als Micro-Emulsionen vermarktet werden.
Agrochemikalie	Nano-Gro	Agro Nanotechnology Corporation	unspezifischer Nano-Inhalt	Der erste Pflanzenwuchsstimulator, der auf dem Prinzip der Nanotechnologie beruht.

### **In Zukunft wird es mehr Nano-Produkte geben**

In naher Zukunft werden weitere Nano-Produkte im Lebensmittelsektor auf den Markt kommen. Von der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) wird erwartet, dass „nanotechnologische Erzeugnisse in der Zukunft einen erheblichen Einfluss auf den Lebens- und Futtermittelsektor haben“ könnten (EFSA ohne Datum). Die EFSA geht davon aus, dass „Unternehmen und Forschungseinrichtungen auf der ganzen Welt derzeit Anwendungen auf Gebieten wie etwa der Beeinflussung der mechanischen und sensorischen Eigenschaften von Lebensmitteln erforschen und entwickeln – z.B. um deren Geschmack oder Beschaffenheit zu verändern – sowie der Veränderung des Nährwerts.“ (EFSA ohne Datum). Für die Zukunft erwartet die EFSA den Einsatz von Nano-Kapseln und Nano-Kompositen (enthalten Nano-Partikel oder Nano-Strukturen) in den Bereichen neuartige Lebensmittel, Lebensmittel- und Futtermittelzusatzstoffe, Biozide, Pestizide und Lebensmittelkontaktmaterialien (EFSA 2014). Auch die Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen (FAO) und die Weltgesundheitsorganisation (WHO) erwarten, dass „in den nächsten Jahren mit Nanotechnologie hergestellte Lebensmittel weltweit immer stärker verfügbar sein werden“ (FAO/WHO 2010).

Viele der weltweiten Marktführer der Lebensmittelindustrie wie Nestlé, Unilever, Kraft oder Mars forschen seit Jahren an der Verwendung der Nanotechnologie für die Lebensmittelverarbeitung und -verpackung (Friends of the Earth USA 2014). Schätzungsweise 200 transnationale Lebensmittelunternehmen investieren in Nanotechnologie und sind dabei Produkte zu kommerzialisieren. Der Nano-Lebensmittelmarkt wird 2020 schätzungsweise auf 20,4 Milliarden US Dollar angewachsen sein. In den USA hat sich nach Untersuchungen von Friends of the Earth USA die Anzahl an Lebensmitteln und Getränken mit Nanomaterialien innerhalb von 6 Jahren (2008 bis 2014) verzehnfacht (Friends of the Earth USA 2014).

Deutschland ist im internationalen Vergleich ein führender Standort für Nanotechnologie-Unternehmen. Die Hälfte aller Nanotechnologie-Unternehmen in Europa sind in Deutschland angesiedelt (BMBF 2014). Drei der fünf größten Hersteller von Nanomaterialien sitzen in Deutschland: BASF SE, Bayer Material Science AG und Evonik AG. Etwa 750 Unternehmen entwickeln und vertreiben hierzulande Nano-Produkte (HMWEVL 2013). 2011 wurde der Umsatz auf 13 Milliarden Euro

geschätzt (Verbraucherportal Baden-Württemberg 2011). Der Lebensmittelsektor dürfte davon einen eher kleinen Teil ausmachen.

Schon 2008 gab es in Deutschland diverse eingetragene Marken, die den Begriff „Nano“ in ihrem Namen führen. Ob es sich dabei tatsächlich um Nano-Produkte handelt, ist jedoch unklar. Bei der Anmeldung zur Eintragung einer Marke muss zwar der geplante Anwendungsbereich angegeben werden, es müssen aber keine Angaben über Inhaltsstoffe und Wirkungsweise gemacht werden. Anders verhält es sich bei Patenten: Diesen liegen umfangreiche Forschungsarbeiten und Investitionen der Unternehmen zugrunde. Daher kann zumindest vermutet werden, dass geplant ist, diese patentierten „Erfindungen“ auch irgendwann auf den Markt zu bringen.

Nach Angaben der FAO und WHO wurden innerhalb des Zeitraums von 2009–2011 183 Patente veröffentlicht, die die Keywords „Nano“ und „Lebensmittel“ im Patentnamen enthielten. 47 dieser Patente waren aus dem Produktbereich Verpackungen oder Überzüge, 19 bezogen sich auf Nano-Zusatzstoffe und zehn hatten etwas mit Nanosensoren zu tun (FAO/WHO 2012 II). In den letzten zehn Jahren wurden nach Angaben von WissenschaftlerInnen der Universität Wien 3000 Patente für Nano-Pestizide angemeldet (Hofmann, Kah 2012). Auch die BASF ist unter den Patentanmeldern (TA-Swiss 2009).

### 3. Die Nutzung der Nanotechnologie in der Lebensmittelverarbeitung

Auf dem deutschen Markt konnten 2015 wie auch schon 2008 keine konkreten Lebensmittel gefunden werden, deren Nano-Bestandteile deklariert werden. Daran ändert bisher auch das neue Lebensmittelinformationsgesetz nichts. Danach sind Hersteller bereits seit Dezember 2014 in der gesamten EU verpflichtet, Lebensmittel mit Nanomaterialien zu kennzeichnen. Die Kennzeichnung ist jedoch beschränkt auf „technisch hergestellte Nanomaterialien“ (EU Parlament und Rat 2011). Da dieser Begriff von der EU Kommission noch nicht näher definiert wurde, nutzen die Hersteller die Chance und kennzeichnen Nano-Produkte nicht (dazu mehr in Kapitel 9). Allerdings ist es sehr wahrscheinlich, dass Lebensmittel in Deutschland Nanomaterialien enthalten. So werden hierzulande bereits Lebensmittelzusatzstoffe und Nahrungsergänzungsmittel mit Nanomaterialien vermarktet. Zudem gibt es Produktuntersuchungen, die diese These bestätigen. Friends of the Earth Australien ließ Lebensmittel unter anderem von Nestlé, Maggi, Mars und Mentos auf Nanomaterialien testen. 14 Produkte enthielten Nano-Titandioxid oder Nano-Siliziumdioxid. Die gleichen Produkte können auch in Deutschland gekauft werden (Friends of the Earth Australia 2015).

Auf dem internationalen Markt konnten wir einige Lebensmittel finden, die einen Hinweis darauf enthalten, dass sie Nanomaterialien beinhalten.

Eine ausführliche Liste der Nano-Produkte befindet sich in Anhang A sowie in der BUND Nanoproduktdatenbank auf der BUND Website.

#### Nanopartikel als Verarbeitungshilfen und Lebensmittelzusatzstoffe

Nanomaterialien werden bereits Lebensmitteln zugefügt, um ihre Fließigenschaften, ihre Farbe und ihre Festigkeit bei der Verarbeitung zu verbessern sowie ihre Haltbarkeit zu verlängern: Siliziumdioxid ist ein weit verbreitetes Mittel, um Verklumpungen in Pulvern und Granulaten zu verhindern, Titan-dioxid ist ein gängiges Mittel zum Bleichen und Aufhellen von Süßwaren, Käse und Soßen. Carotinoide werden als Farbstoffe genutzt und Nano-Kapseln dienen als Träger für verschiedene Stoffe.

#### Schmeckt so die Zukunft? Programmierbarer Wein für das perfekte Dinner

„Dieser Wein enthält Millionen von Nano-Kapseln, die sich – je nach Stimmung und Geschmack – öffnen lassen. Ungeöffnete Nano-Kapseln passieren Ihren Körper un bemerkt, während die geöffneten Geschmack, Duft und die Farbe des Weins verändern. Öffnen Sie die Vanille-Kapseln, wenn Sie in einer australischen Stimmung sind. Sie fühlen sich mehr nach Syrah? Öffnen Sie die Eichen- und Pfeffer-Kapseln. Trüffel bringen einen italienischen Flair ins Spiel. Für einen sanften Merlot müssen Sie gar nichts machen.“

Diesen Wein gibt es tatsächlich zu bestellen, allerdings nur, um die Diskussion beim Essen über Nanotechnologie anzuregen – ohne Nanomaterialien, aber mit echtem Nano-Wein-Label!  
(Next Nature 2011)



Shutterstock.de/Eugen Karambaev

Zahlreichen Lebensmitteln in Pulverform wird nanopartikuläres Siliziumdioxid zugesetzt. Die eingesetzten Partikel sind 5–100 nm groß (EFSA 2014). Es dient als Riesel- und Fließhilfsmittel und wird mit der Nummer E 551 gekennzeichnet. So gehören z. B. Kochsalz, Gemüsepulver, Molkepulver, Eipulver, Kaffeeweißer, Instantgetränkpulver (wie Kaffeepulver), Gewürzmischungen (Chili-, Knoblauchpulver etc.), Puderzucker und Suppenpulver dazu. Das eingesetzte Siliziumdioxid wird z. B. von Evonik angeboten (Evonik ohne Datum). Für die Lebensmittelindustrie werden zwei Produkte angeboten: AEROSIL 200 F und AEROSIL 380 F zum Einsatz in Tabletten, Getränkepulver, Gemüse und

Gewürzpulver und für weitere Pulver in der Lebensmittelindustrie (Evonik ohne Datum II). Auch die deutsche Firma Wacker Chemie AG bietet Siliciumdioxid unter der Marke HDK als Rieselhilfe an. Im Herstellungsprozess entstehen nach Firmenaussagen ca. 5 bis 30 Nanometer große Siliziumdioxid-Primärteilchen, die sich zu Aggregaten mit einer Größe von 100-1000 nm anhäufen (Wacker 2012).

**Titandioxid** wird im Lebensmittelbereich unter der Kennzeichnung E171 als Weißpigment eingesetzt. Zudem kann es auch als Trennmittel dienen. Es wird vermutlich nicht bewusst im nanoskaligen Bereich verwendet. Eine US-amerikanische Studie zeigte jedoch, dass in herkömmlichen Lebensmitteln ca. 5-36 Prozent der Titandioxid-Partikel in Nanogröße vorliegen. Die Studie wies den Stoff in zahlreichen Lebensmitteln nach, besonders hohe Mengen in Süßigkeiten, Kaugummis und pulverigen Lebensmitteln. Der Titandioxid-Gehalt betrug bis zu 100 mg pro Portion für Donuts mit Puderzucker. Da Kinder mehr Süßigkeiten verzehren, werden sie nach Modellrechnungen im Schnitt mit höheren Mengen an Titandioxid belastet als Erwachsene (Weir, A. et al. (2012). Auch die Organisation As You Sow aus den USA ließ vor allem von Kindern gern gegessene Donuts auf die Menge des vorhandenen Nano-TiO<sub>2</sub> testen. In neun von zehn Produkten wurde TiO<sub>2</sub> in Größen bis unter 10nm gefunden (As You Sow 2013).

Einer der weltweit größten Hersteller von Donats, das US Amerikanische Unternehmen Dunkin' Donuts, erklärte 2015, auf den Einsatz von Titandioxid in allen mit Puderzucker bestreuten Produkten zu verzichten, um die Quelle von Nano-Titandioxid zu reduzieren (As You Sow 2015).

Im August 2015 veröffentlichte Friends of the Earth Australien Testergebnisse von 14 Lebensmitteln, die in Australien gekauft wurden. Alle enthielten Zusatzstoffe – Titandioxid oder Siliziumdioxid – in Nanogröße (Friends of the Earth Australia 2015). Einige dieser Produkte sind auch in Deutschland erhältlich, beispielsweise Coffee Mate von Nestlé oder m&M's. Ob diese ebenfalls Zusatzstoffe in Nanogröße enthalten, ist nicht sicher, aber wahrscheinlich.



*Coffee-mate von Nestlé ist auch in Deutschland erhältlich. In Australischen Produkten wurde Nano-Siliziumdioxid nachgewiesen.*



*m&M von Mars  
Auch in Deutschland erhältlich. In Australischen Produkten wurde Nano-Titandioxid nachgewiesen.*

Tabelle 2: In diesen australischen Produkten wurden Nano-Zusatzstoffe gefunden

Produkt*	Hersteller	Nano-Inhalt	In Deutschland erhältlich**
Allen's Kool Mints	Nestlé	Titandioxid	Nein
Praise Caesar Dressing	Praise	Titandioxid	Nein
Nice N' Tasty Chicken Salt	Nice N' Tasty	Siliziumdioxid	Nein
Coffee Mate	Nestlé	Siliziumdioxid	Ja
Duncan Hines Classic Vanilla Frosting	Pinnacle Foods	Titandioxid	Nein
ECLIPSE Ice Gum	Wrigley	Titandioxid	Nein
m&tm	Mars	Titandioxid	Ja
Mentos Pure Fresh Gum	mentos	Titandioxid	Ja
Moccona Cappuccino	Moccona	Siliziumdioxid	Nein
Roast Meat Gravy	Maggi	Siliziumdioxid	Nein
Skittles Fruits	Wrigley	Titandioxid	Ja
Sour Straps	Woolworth	Titandioxid	Nein
Taco Spice Mix	Old El Paso	Siliziumdioxid	Nein
White Sauce	unbekannt	Siliziumdioxid	unbekannt

\* Für Quellenangabe zu den Produkten siehe Produktliste im Anhang

\*\* Mit „In Deutschland erhältlich“ ist gemeint: Ein Produkt kann in Geschäften in Deutschland oder über deutsche Websites gekauft werden.

Zudem werden **Carotinoide** als Farbstoffe für Getränke oder Lebensmittel genutzt. Sie werden in einer Größe von ca. 200 nm eingesetzt (TA-Swiss 2009). BASF bietet das Produkt Lycovit mit synthetischen Lycopin in einer Größe von bis zu 200 nm an (BASF 2012).

Interessant ist, dass einer der größten Zusatzstoffhersteller weltweit, die Firma Cargill vorläufig auf Nanomaterialien verzichtet. Das Unternehmen erklärte 2009 wegen der ungeklärten Risiken keine Nanomaterialien in seinen Produkten einzusetzen (Cargill 2009).

### Nano-Verkapselung

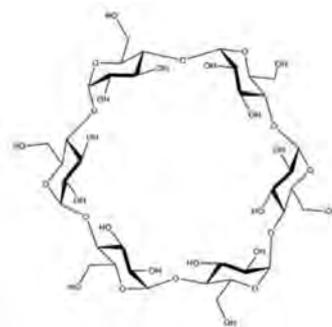
Der Begriff „Nano-Verkapselung“ umschreibt das Verpacken von Wirkstoffen, wie z.B. Vitaminen, Konservierungsmitteln und Enzymen in eine nanogroße Kapsel aus organischen Verbindungen. Von Nano-Kapseln umschlossene Bestandteile wie Vitamine und Fettsäuren werden bereits jetzt bei der Verarbeitung und Konservierung von Getränken, Fleisch, Käse und anderen Lebensmitteln eingesetzt. Die Umhüllung von Wirkstoffen in Nanokapseln hat verschiedene Funktionen: Die Stoffe können durch Verkapselung Lebensmitteln besser zugesetzt werden, sie werden haltbarer und unangenehme Geschmäcker können kaschiert werden. Zudem können Nano-Kapseln dafür sorgen, dass die Stoffe erst bei Bedarf freigesetzt werden.

Nano-Kapseln aus Cyclodextrinen können in ihrem wasserabweisenden Innenraum fettliebende Substanzen, wie fettlösliche Vitamine, Aromastoffe oder Cholesterin einschließen, diese schützen und gezielt wieder freisetzen (BMG 2010). Cyclodextrine werden von der deutschen Firma Wacker angeboten. Mit ihnen soll beispielsweise die Stabilität von Pflanzenölen, Vitamin A oder Aromastoffen erhöht werden, unangenehme Düfte (z.B. Fischöl) kaschiert und Bitterstoffe entfernt werden. Wacker ist ein weltweit führender Hersteller von Cyclodextrinen. Nach Firmenaussagen misst der Durchmesser des Innenraums der Stoffe 0,47–0,83 nm und die Tiefe beträgt etwa 0,8 nm (Wacker 2007).

Die deutsche Firma AquaNova bietet Nano-Kapseln der Produktreihe NovaSol mit einem Durchmesser von ca. 30 nm an. Sie dienen dem Einbau einer großen Anzahl von Stoffen, wie Vitamin A und E, Omega-3 Fettsäuren, Koenzym Q10, Isoflavonoiden, Flavonoiden und Carotinoiden, Phytosterin, essentiellen Fettsäuren, Lebensmittelfarbstoffen, Konservierungsstoffen wie Benzoesäure und Ascorbinsäure. Die Mizellen sind amphiphil (die äußere Seite ist wasserliebend, die Innenschicht fettliebend). Sie sind nach Aussagen des Herstellers thermisch und mechanisch sehr stabil und können der Magensäure widerstehen (AquaNova ohne Datum II).

## Nano-Kapseln der deutschen Firma Wacker Chemie

CAVAMAX® W6 FOOD ist ein Alpha-Cyclodextrin der Wacker Chemie AG. Es besteht aus sechs Glukoseeinheiten.



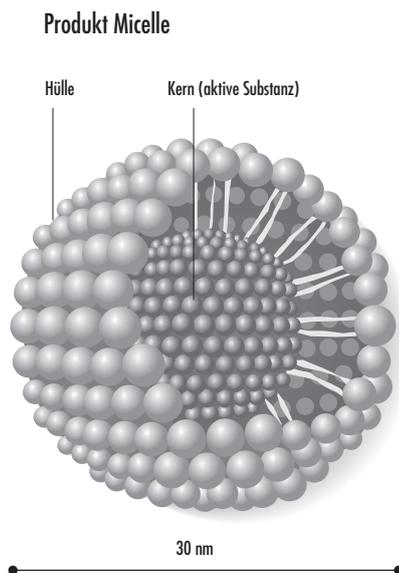
Anwendungen: Aromen, Aufschlagmittel, Emulgatoren, Fasern, Nahrungsmittel, Getränke, Maskierung, Geschmack/Geruch, Nahrungsergänzungsinhaltsstoff, Stabilisatoren, transfettfreie Fette (Wacker 2016)

Tabelle 3: In Deutschland erhältliche Nano-Lebensmittelzusatzstoffe

Produkt*	Hersteller	Nano-Inhalt	In Deutschland erhältlich**
Lycovit	BASF	synthetisches Lycopin	Antioxidationsmittel
Aerosil	Evonik (ehem. Degussa)	Siliziumdioxid	Rieselhilfe für Pulver in der Lebensmittelindustrie
NovaSOL	Aquanova	Nano-Mizellen (Kapseln)	Bessere Aufnahme aktiver Inhaltsstoffe in Zellen und Organe durch Einschluss in Nanokapseln.
Cyclodextrins	Wacker Chemie AG	Nano-Kapseln	Nanokapseln: Cyclodextrine (organische Trägermoleküle von Aromen oder im Fall von OMEGADRY® auch von Omega-3-Fettsäuren) werden von der Firma Wacker hergestellt.
HDK	Wacker Chemie AG	Nano-Siliziumdioxid	Siliziumdioxid für Futtermittel und Lebensmittel als Wirkstoffträger, Tablettierhilfe, Rieselhilfe

## Nano-Kapseln der deutschen Firma AquaNova

Die Produkt-Micelle, Basis der AQUANOVA-Solubilisate (NovaSOL®)



Anwendungen: Vitamine, Omega-3 Fettsäuren, Coenzyme Q10, Farbstoffe, Konservierungsstoffe, Lebensmittelfarben (Aquanova ohne Datum)

Auch BASF bietet nanostrukturierte Kapseln beispielsweise aus Wachs, Polymer oder Öl an, um aktive Substanzen mit einer schützenden Hülle zu umgeben. Dadurch kann gesteuert werden, wann und mit welcher Geschwindigkeit die Stoffe an dem gewünschten Zielort freigesetzt werden. (BASF ohne Datum II) Ein weiteres Beispiel ist die israelische Firma Frutarom (früher NutraLease). Mit der Nanotechnologie von NutraLease nutzt Frutarom ebenfalls Mizellen mit einer Größe von 30 nm, um beispielsweise Coenzym Q10, Carotinoide und Vitamine zu verkapseln. Die von der Firma als „nano-sized self-assembled structured liquids (NSSL)“ bezeichnete Technologie soll die Bioverfügbarkeit verschiedener Stoffe in wasser- oder ölbasierten Substanzen verbessern. Die Mizellen sind unter anderem für den Einsatz in Getränken und Lebensmitteln gedacht (Frewer et al. 2012).

## Funktionelle Lebensmittel

Die American Dietetic Association definiert „funktionelle Nahrungsmittel“ als solche, die gesünder sind als herkömmliche Lebensmittel, da ihr Nährwert den eigentlichen Nährwert des Nahrungsmittels übersteigt (Academy of Nutrition and Dietetics 2014). Funktionelle Nahrung ist auch unter der Bezeichnung „Nutraceuticals“ bekannt: Der Ausdruck kombiniert die beiden englischen Begriffe „nutrition“ für Ernährung und „pharmaceutical“ für Arzneimittel. Die Wirksamkeit der Nutraceuticals beruht auf der Konservierung und der Verbesserung der Bioverfügbarkeit, also der Menge des Nährstoffs, die tatsächlich aus dem Lebensmittel in den Körper aufgenommen und für diesen verfügbar gemacht wird.

Die Lebensmittelindustrie versucht alles, um gewinnträchtige und neuartige Produkte in die Verkaufsregale zu bringen. Sie investiert hohe Summen in Produkte, die Verbrauchern einen Zusatznutzen bringen sollen: Joghurts, die Abwehrkräfte stärken, die Verdauung fördern oder den Cholesterinspiegel senken. Milchprodukte, Müsli, Brot und Getränke werden mit Vitaminen und Mineralien wie Eisen, Magnesium oder Zink versetzt, mit probiotischen Substanzen, bioaktiven Peptiden, Antioxidationsmitteln und Soja angereichert. Der Weltmarkt für funktionelle Lebensmittel wächst schneller als für „normale“ Lebensmittel. Zwischen 2009 und 2013 wuchs der Markt um mehr als 25 Prozent (Leatherhead Food Research 2014).

Auf dem deutschen Markt werden funktionelle Lebensmittel bisher nicht mit Nanomaterialien beworben. International sind nach Herstellerangaben bereits einige Produkte auf dem Markt. In außereuropäischen Ländern sind beispielsweise Joghurt und Getränke zu finden, die nanokolloidales Platin oder Gold enthalten und als „anti-aging“ Lebensmittel angeboten werden (BMG 2010). Ein weiteres Beispiel ist ein Mineralwasser für Babys und Kinder mit dem Namen „Maternal Water“ der spanischen Firma La Posta del Aguila. Diesem ist Nano-Silber zugesetzt, um das Immunsystem von Babys und Kinder zu stärken (La Posta del Aguila ohne Datum).

Und dem Erfindungsreichtum ist keine Grenze gesetzt: So hat der US-amerikanische Süßwarenhersteller Frutel das Produkt „Beauty Food“ entwickelt. Die Schokolade soll Teenager von Akne befreien (Frutels ohne Datum). Andere Hersteller haben

auch Marmelade gegen Falten, Kaugummi gegen Schweißgeruch und anti-aging Bier im Angebot. Ob diese Produkte bereits Nanomaterialien enthalten, ist nicht bekannt. Dies ist aber wohl nur eine Frage der Zeit. So schätzt der niederländische Wissenschaftler Prof. Kampert von der Universität Wageningen: „Wer neue Funktionalitäten von Lebensmitteln herstellen möchte, muss Modifikationen auf der Nano-Ebene vornehmen“ (Manager-Magazin 2010).

### Nahrungsergänzungsmittel

In der Gruppe der Nahrungsergänzungsmittel bietet sich dem Verbraucher nach wie vor eine große unübersichtliche Produktpalette. Es wurden Produkte vom Markt genommen oder der Nano-Inhalt wird nicht mehr angegeben, andere kamen hinzu. In welchen Nahrungsergänzungsmitteln Nanomaterialien wirklich stecken und bei welchen nur fälschlicherweise mit ihnen geworben wird, ist weiterhin unklar. Im Vergleich zu Lebensmitteln und Lebensmittelzusatzstoffen wird bei Nahrungsergänzungsmitteln aber häufiger mit dem Einsatz von Nanomaterialien geworben.

Neben zahlreichen Internetangeboten vor allem aus den USA und asiatischen Ländern sind auch in Deutschland einige Firmen im Online-Direktvertrieb von Nahrungsergänzungsmitteln mit ausgelobten Nano-Bestandteilen auf dem Markt. Die Münchner Firma Hannes Pharma bietet mehrere Nahrungsergänzungsmittel mit nanoskaligem Siliziumdioxid an (Hannes Pharma ohne Datum). Die deutsche Firma Fairvital bietet nanoskaliges Silber an (Fairvital ohne Datum). Dieses ist in der EU nicht für die Anwendung in Nahrungsergänzungsmitteln zugelassen (mehr dazu in Kapitel 10). Ein Rechtsverstoß, den Firmen, die kolloidales Silber vermarkten, mit einem Trick versuchen zu umgehen: Die Firma Deutsches Network Marketing Institut erläuterte 2012 auf ihrer Website ausführlich, wie und wann kolloidales Silber oral eingenommen werden soll: **„Für die systematische Anwendung muss kolloidales Silber z.B. oral eingenommen, d.h. am besten unverdünnt oder mit Wasser verdünnt getrunken, werden“**, erklärt dann aber am Ende der Ausführungen, dass das Produkt kein Nahrungsergänzungsmittel sei: „Aus rechtlichen Gründen bieten wir daher das kolloidale Silber nur für technische Zwecke an“ (DNMI ohne Datum). Das Produkt hat die Firma inzwischen vom Markt genommen haben. Ebenso geht die englische Firma Bach

Flowers Essences vor, die Ihre Produkte in Deutschland beispielsweise über die websites Doktor-Klaus.de oder Bachbluetenhaus.com vertreibt. Auch hier ist das angebotene kolloidale Silber (Partikelgröße: 7 bis 20 nm) nur für „technische Zwecke“ empfohlen (Doktor-Klaus ohne Datum). Es ist zu vermuten, dass noch weitere Nahrungsergänzungsmittel mit kolloidalem Silber verbotenerweise auf dem Markt sind.

Die Firma Vitafosan bot 2008 noch eine ganze Reihe von Nahrungsergänzungsmitteln an, die Partikel mit einer Größe bis zu wenigen hundert Nanometern enthalten sollten. Darunter auch Produkte für Kinder. 2015 war kein Hinweis zu Nanomaterialien mehr zu finden. Ob sich tatsächlich etwas an der Produktzusammensetzung geändert hat, oder ob nur nicht mehr mit „nano“ geworben wird, ist unklar.

Auch im Bereich der Nahrungsergänzungsmittel für Bodybuilder gibt es Produkte, die mit „Nano“ beworben werden, z.B. MuscleTech Nano Vapor.

**Tabelle 4: In Deutschland erhältliche Nahrungsergänzungsmittel mit Nano-Materialien**

<b>Produkt</b>	<b>Hersteller</b>	<b>Nano-Inhalt</b>	<b>Herstellerangaben</b>
kolloidales Silber	Bach Flowers Essences	Nano-Silber	ultrakleine Silberpartikel mit einer Größe der Silberpartikel von 7 bis 20 nm
NaNO Vapor (Anabolika)	Muscletech	nanomolekulare gefäß- erweiternde Wirkstoffe	NaNO Vapor ist eine muskelaufbauende psychoaktive Erfahrung.
naNOX9 (Anabolika)	Muscletech	nanoskaliges Stickstoffoxid	Durchflutet die Muskulatur sofort mit gefäßweiternden Wirkstoffen.
Fairvital Kolloidales Silber	Fairvital	kolloidales Silber	Echtes kolloidales Silber besteht aus kleinen Nanopartikeln des metallischen Silbers. Antibakterielle Breitbandwirkung, zur Stärkung der Immunabwehr.
Nanosan Nano-Silizium	Life Light	Nano-Silizium	Nanosan Silizium ein Qualitätsprodukt.
Energy Well Nano Mineral Silicium Pulver	Medica Consulting Ltd.	Nano-Silizium	Nano Mineral Silicium Pulver
Fairvital Kolloidales Silber	Fairvital	kolloidales Silber	Echtes kolloidales Silber besteht aus kleinen Nanopartikeln des metallischen Silbers. Antibakterielle Breitbandwirkung, zur Stärkung der Immunabwehr.
mehrere Produkte	Hannes Pharma	Nano-Silizium	Füllstoff: nanokolloidale Kieselsäure

*(In Anhang A sind alle Produkte mit Quellenangaben aufgeführt.)*

## 4. Lebensmittelverpackungen, Beschichtungen und Küchenartikel

Nanomaterialien werden bei Lebensmittelverpackungen, Küchenutensilien und bei essbaren Überzügen bereits eingesetzt. Es wird ein erhebliches Potenzial zum Ausbau für diese Anwendungen gesehen. Die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit geht davon aus, dass Lebensmittelverpackungen den größten Anteil an den derzeitigen und kurzfristig prognostizierten Märkten haben (EFSA 2009). Europa hinkt Asien beim Einsatz von Nanomaterialien in Verpackungen hinterher. Nach Aussagen eines Sprechers der Packaging Industry Association sei aber auch Europa „nun bereit“ und kommerzielle Anwendungen würden in den kommenden Jahren deutlich zunehmen (FoodProductiondaily.com 2012 III). Eingesetzt werden beispielsweise Nano-Siliziumdioxid, Nano-Silber, Nano-Zinkoxid, Nano-Titanitrid und Nano-Ton, um Lebensmittel vor Gasen (Sauerstoff und Kohlendioxid), Feuchtigkeit, UV-Licht und Bakterien zu schützen oder den Inhalt der Verpackungen zu kontrollieren.

### Verpackungen mit antibakterieller Wirkung

Die am häufigsten eingesetzten Nanomaterialien mit antibakterieller Wirkung sind nach Aussage der Europäischen Lebensmittelbehörde (EFSA) Silber, Chitosan, Zinkoxid und Nisin. Die EFSA gibt an, dass Nano-Silber in Lebensmittelverpackungen bereits eingesetzt wird. (EFSA 2014) Das Fraunhofer Institut forscht an einer Fleischverpackung mit Chitosan (IVV ohne Datum). Inwieweit Produkte mit Chitosan, Zinkoxid und Nisin bereits auf dem Markt sind, ist nicht geklärt.

Die EU-Verordnung für Kunststoffe im Lebensmittelkontakt, die seit 2011 gilt, enthält eine Positivliste der zugelassenen Stoffe (EU Kommission 2011 II). Nano-Silber ist nicht aufgeführt und somit nicht für den Einsatz in Lebensmittelverpackungen und Küchenutensilien aus Plastik zugelassen (Persönliche Aussage Bundesinstitut für Risikobewertung 12.01.2016).

Während zuvor verschiedene Kühlschränke mit Silberausrüstung auf dem Markt waren (z. B. von Samsung), lassen sich heute sowohl bei Kühlschränken als auch in Verpackungsmaterialien nur noch sehr vereinzelt Hinweise auf Ausrüstung mit Nanosilber finden. Auch bei Schneidebrettern und Frischhaltedosen aus Kunststoff, die mit einer antibakteriellen Wirkung werben, werden wohl nun eher andere – ebenfalls kritisch zu beurteilende Stoffe – eingesetzt, z. B. Triclosan (Beyond Pesticides ohne Datum).

Antibakterielle Beschichtungen für Tischdecken, Backofen, Grill und Kühlschränke bietet die deutsche Firma Nanopool an. Grundlage ist eine 100 nm dicke Siliziumdioxid-Schicht. Siliziumdioxid ist in Lebensmittelkontaktmaterialien erlaubt. Auch 2008 waren diese Produkte bereits auf dem Markt. Nach Aussagen eines Firmensprechers 2010 setzen immer mehr Unternehmen der Lebensmittelbranche Nanopool-Produkte ein. Kunden seien „z. B. McDonalds und Schwergewichte in der Lebensmittelindustrie, die Plätzchen, Getränke, Fertiggerichte, Fleisch und Fisch herstellen“. Es habe Bedenken zum Einsatz von Nanomaterialien in der Lebensmittelindustrie gegeben, aber diese würden nun zunehmend fallen (FoodProductiondaily.com 2010).

### Antibakterielle Beschichtungen bringen keinen Nutzen für Verbraucher

Ob antibakterielle Beschichtungen überhaupt wirken, ist fraglich. Jedenfalls bringen sie dem Verbraucher keinen Nutzen. Dies stellt das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) fest. 2006 hatte es eine Bewertung von antibakteriell beschichteten Kühlschränken vorgenommen und kam zu dem Ergebnis, dass die Wirkung der Beschichtungen nicht belegt werden kann. Auch den Einsatz von anderen antibakteriell wirkenden Mitteln im Haushalt hält das BfR für überflüssig. Die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) sieht ebenfalls den positiven Einfluss antibakterieller Stoffe auf die Lebensmittelsicherheit als nicht belegt an (BfR 2006).

Auch eine Studie des Max-Rubner-Instituts an Verpackungen mit Nano-Silber fand keinen messbaren antibakteriellen Effekt auf das Bakterienwachstum der enthaltenen Fischfilets. (MRI 2013 II)

### Weitere Entwicklungen

Britische Wissenschaftler der Nottingham Trent University entwickelten 2009 Nano-Füllstoffe mit antibakterieller Wirkung für Lebensmittelverpackungen (FoodProductiondaily.com 2009).

Israelische Wissenschaftler haben 2011 ein „killer paper“ für Lebensmittel entwickelt. Es soll Bakterien wie E.coli innerhalb von drei Stunden vernichten. Eingesetzt wird Nano-Silber. Der Prozess sei sehr einfach und beispielsweise sehr gut anwendbar in der Fleischindustrie (FoodProductiondaily.com 2011 II).

Chinesische Wissenschaftler der Universität Shanghai haben ein auf Graphen basierendes Papier entwickelt. Graphen ist ein zweidimensionales Netzwerk aus Kohlenstoff-Atomen. Das Papier kann laut Angaben der Wissenschaftler in Lebensmittelverpackungen eingesetzt werden, um diese besonders stabil zu machen und mit antibakteriellen Eigenschaften zu versehen (Verhinderung des Wachstums von E.coli) (FoodProductiondaily.com 2010 IV).



© Fotolia.com/sebra

### Verpackungen mit Barrierewirkung gegen Gase und Feuchtigkeit

Barrierewirkungen gegen Gase und Feuchtigkeit sollen etwa mit Nano-Siliziumdioxid, Nano-Aluminiumoxid und Nano-Ton erzielt werden und eignen sich für die Herstellung von Folien zur Verpackung von Fleisch, Wurst, Käse oder Obst und auch für Mikrowellenprodukte oder Kunststoffflaschen (BfR 2009).

Es konnten verschiedene Produkte identifiziert werden, die auch auf dem deutschen Markt erhältlich sind. Gleichzeitig gibt es zahlreiche neue Entwicklungen, so dass davon ausgegangen werden muss, dass es zukünftig Verpackungen mit Barrierewirkung mit Nanomaterialien auch vermehrt in Deutschland geben wird.

Die deutsche Firma plasmatreat bietet die Nanobeschichtung „PlasmaPlus“ für Getränkeverpackungen an. Die Beschichtung kann innen oder außen auf die Verpackung aufgetragen werden. Dadurch sollen die Barriereigenschaften verbessert werden, so dass Kohlendioxid nicht aus und Sauerstoff nicht in die Verpackung gelangen kann. „PlasmaPlus“ wird damit beworben, dass es eine „glasartig transparente und dennoch flexible, stoß- und reibungsfeste Nanobeschichtung“ ist (plasmatreat ohne Datum). Unter dem Markennamen Nanoident Papergard Forte vertreibt die deutsche Firma CTC-Nanotechnology einen Karton zur Lebensmittel- und Getränkeverpackung auf Nanobasis. Die Nanobeschichtung soll wasser- und schmutzabweisend sein. (CTC ohne Datum). Die deutsche Firma KHS Plasmax stellt das Produkt Fresh Safe PET her. Diese Innenbeschichtungen für PET Flaschen bestehen aus Nano-Siliziumdioxid (KHS Plasmax 2013; BioSuisse ohne Datum). Das Produkt Baircade XT der US Firma NanoPack ist weltweit verfügbar. Eingesetzt wird eine 250 nm dicke Nano-Ton Schicht für Snacks, Nüsse, Gewürze, Bonbons, Kaffee und Tee (FoodProductiondaily.com 2012).

Es gibt eine Reihe weiterer Produkte, die möglicherweise auch in Deutschland im Handel sind. So soll ein polnischer Süßwarenhersteller bereits eine Alufolie mit Nanomaterialien für Schokoladenverpackungen einsetzen. (FoodProductiondaily.com 2010 III) Auch die Firma PolyOne vertreibt eine transparente Nanobeschichtung aus Siliziumdioxid mit dem Markennamen OnCap™ BIO u.a. für Lebensmittel und Getränke (PolyOne ohne Datum). Kleine PET-Weinflaschen mit 187ml Inhalt, die beispielsweise in Flugzeugen angeboten werden, könnten auch in Deutschland bereits Nano-Siliziumdioxid enthalten. Die US-Firma Amcor Rigid Plastics liefert solche Weinflaschen an US Airlines. Die Nano-Siliziumdioxid-Barriere stammt von der deutschen Firma KHS Plasmax. Die Weinflaschen seien auch gut zum Verkauf in Parks, bei Rockkonzerten oder anderen Outdooraktivitäten geeignet (FoodProductiondaily.com 2012 II; KHS Plasmax 2013; BioSuisse ohne Datum).

**Tabelle 5: Verpackungen mit Nanomaterialien auf dem deutschen Markt**

Produkt	Hersteller	Nano-Inhalt	Herstellerangaben
Fresh Safe PET	KHS Plasmax	Nano-Siliziumdioxid	Hinter FreshSafe-PET® verbirgt sich das Beschichtungsverfahren von KHS Plasmax. Die Innenseite der PET-Flasche wird mit einer hauchdünnen, reinen Glasschicht veredelt, die den Inhalt nicht nur zuverlässig schützt, sondern auch glänzend aussieht.
Durethan	Bayer / Lanxess	Siliziumdioxid in einer Nano-Zusammensetzung auf Polymerbasis	Silizium-Nanopartikel im Plastik verhindern das Eindringen von Sauerstoff und anderen Gasen. Die Haltbarkeit wird dadurch verlängert. Nano-PA6 mit abwechselnden Polymer-Silikat-Schichten.
Nanobionische Papier- und Kartonimprägnierung	CTC Nanotechnology GmbH	unspezifischer Nano-Inhalt	Das Spezialprodukt ist eine ultradünne nanobionische Hochleistungs-Papier Hydrophobierung auf Wasserbasis z.B. für Lebensmittel- und Getränkeverpackungen.
PlasmaPlus	Plasmatreat	unspezifischer Nano-Inhalt	Glasartig transparente und dennoch flexible, stoß- und reibungsfeste Nanobeschichtung für Getränkeverpackungen. Verbesserung der Barriereigenschaften.

*(Weitere Informationen zu den Produkten in Anhang A)*

### Weitere Entwicklungen

2010 feierte das deutsche Fraunhofer Institut einen Durchbruch für den transparenten Verpackungsbereich. Entwickelt wurde eine 10 nm dicke transparente Barrierschicht aus Aluminiumoxid gegen Feuchtigkeit. Die Beschichtung kann für alle möglichen Lebensmittelverpackungen genutzt werden, am ehesten jedoch für Chips oder Müsli. An der Entwicklung war die deutsche Firma Vacuum Technology Dresden ISA beteiligt. Um die Kommerzialisierung kümmert sich ebenfalls eine deutsche Firma Applied Materials Inc. (Fraunhofer 2010 II; FoodProductiondaily.com 2010 II).

Ein finnisches Team hat 2010 eine Nano-Keramik-Schicht entwickelt, die wie Glas fungieren soll. Die sogenannte atomic layer deposition (ALD) Methode habe eine dicke von 25 nm und sei in Polymerschichten eingebettet. Mit dieser Methode könne auf Aluminium verzichtet werden (FoodProductiondaily.com

2010 III). Die US Firma Nano-Bricks hat 2011 eine neue Beschichtung für Lebensmittelverpackungen mit Nano-Tonpartikeln entwickelt. Die Schicht ist 100 nm dick. Das Produkt soll umweltfreundlicher als herkömmliches Plastik sein, weil 70 Prozent weniger Ton eingesetzt werden müsse (FoodProductiondaily.com 2011).

### Verpackungen mit UV-Schutz

Lebensmittel sollen durch Nanomaterialien vor UV-Licht und damit Oxidation geschützt werden. Es werden Silber und Gold sowie Zinkoxid, Titandioxid und Siliziumdioxid eingesetzt (BfR 2009).

Die Firma Nanophase Technologies bietet das Produkt NanoArc Zinc Oxide mit Nano-Zinkoxid als UV-Schutz an (Nanophase 2012). Vermutlich ist das Produkt nicht auf dem deutschen Markt.

### Essbare Nanobeschichtungen – in den USA und Kanada bereits Wirklichkeit?

Essbare Nanobeschichtungen gelten in der Lebensmittelindustrie als „ideale Lösungen“, um etwa Fleischerzeugnisse dauerhaft vor Verkeimung zu schützen. Wissenschaftler des US-amerikanischen Penn State's College of Agricultural Sciences haben demonstriert, dass antibakterielle essbare Nanobeschichtungen (z. B. mit Nano-Zinkoxid oder Nano-Silber) der Verkeimung von Fleisch und Geflügel entgegenwirken können (FoodSafety magazin 2012).

Obst und Gemüse mit essbarer Nanobeschichtung könnte in den USA und Kanada bereits auf dem Markt sein. Dies erfuh der Journalist und Pulitzerpreisträger Andrew Schneider von einem Wissenschaftler der US-amerikanischen Behörde für Landwirtschaft (USDA). Untersuchungen bei südamerikanischen Landwirten und Verpackstationen hätten ergeben, dass die Früchte mit einer wachsartigen Nanobeschichtung überzogen werden, um die Haltbarkeit zu verlängern. Dies träfe für Äpfel, Birnen, Paprika, Gurken und andere Früchte und Gemüse zu, die in die USA und Kanada geliefert würden. Die Nanobeschichtungen würden in Asien produziert und wurden wahrscheinlich nie auf Gesundheitsrisiken untersucht (National Health Federation ohne Datum).

Ob essbare Nanobeschichtungen auch schon auf dem deutschen Markt sind, ist nicht bekannt.

### Intelligente Verpackungen mit aktiven Nanostrukturen

Erste aktive Nanostrukturen werden bereits bei Nanosensoren eingesetzt. Diese sind in der Lage, auf bestimmte Reize hin mit ihrer Umgebung zu interagieren. „Aktiv“ bedeutet, dass diese Nanomaterialien beispielsweise in Wechselwirkung mit Inhaltsstoffen von Lebensmitteln treten und diese beeinflussen können. „Aktive Lebensmittelverpackungen“ gibt es bereits. Sie nehmen Stoffe auf oder setzen sie frei, um so die Qualität verpackter Lebensmittel zu verbessern oder ihre Haltbarkeit zu verlängern.

Diese intelligenten Verpackungen sollen dem Abfüller und auch dem Verbraucher signalisieren, ob die Inhaltsstoffe noch in Ordnung sind. Die Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen und die Weltgesundheitsorganisa-



Schon im Supermarkt: Nanosensoren zeigen Reifegrad an [www.ripesense.co.nz/](http://www.ripesense.co.nz/)

tion beschrieben 2010 auf einer Tagung zu Nanotechnologie im Lebensmittelbereich die Möglichkeiten, die Nanosensoren auf dem Markt bieten: Sie können anzeigen, wenn ein Leck aufgetreten ist (etwa bei vakuumverpackter Ware), die Kühlkette unterbrochen wurde oder sich die mikrobielle Zusammensetzung der Lebensmittel geändert hat (FAO/ WHO 2010).

Ob Firmen in Deutschland bereits mit aktiven Nanostrukturen und Nanosensoren arbeiten, ist nicht bekannt. Die neuseeländische Firma ripeSense bietet Verpackungen mit Reifensensoren an, die auf das von der Frucht freigesetzte Aroma reagieren. Ein Indikator auf der Außenseite der Verpackung wechselt bei verschiedenen Reifegraden die Farbe. So können Verbraucherinnen und Verbraucher selbst entscheiden, wie reif ihr Obst sein soll. Eingesetzt wird der Sensor bereits bei Birnen in neuseeländischen Supermärkten und bei dem britischen Unternehmen Tesco, einem der weltweit größten Supermarktketten (Packaging

News 2009). In Kürze sollen auch Sensoren für Kiwi, Melonen, Mango, Avocado und Steinobst auf den Markt kommen (ripe-Sense ohne Datum; Institute of Medicine 2009).

Einen nanobasierten Biosensor mit Nano-Kohlenstofffasern haben US-Wissenschaftler entwickelt. Er soll Bakterien entdecken und ist insbesondere für die Fleischverarbeitung gedacht (FoodProductiondaily.com 2011 III).

Auch die Technische Universität München hat einen Gassensor auf Grundlage von Kohlenstoff-Nanoröhrchen entwickelt. Sie sollen sofort und kontinuierlich auf kleinste Veränderungen der Konzentration von Gasen wie Ammoniak, Kohlendioxid und Stickstoffoxid reagieren. Es sei vorstellbar, Lebensmittel in Kunststofffolien zu verpacken, die mit solchen flexiblen Einweg-Gassensoren beschichtet sind. Der aktuelle Frischzustand eines Lebensmittels sei damit sofort erkennbar (TU München 2013).

BASF ist ebenso mit in diesem Geschäft: BASF erwarb 2008 die Schweizer Farbenfirma Ciba und mit ihr das Produkt mit dem Namen OnVu. Dies ist ein Zeit-Temperatur-Indikator, der Lebensmittel überwacht. Das Farbetikett zeigt an, wie lange das Produkt warm gelagert wurde – je länger, desto eher erfolgt ein Farbumschlag (FoodQualityNews.com 2011; Wagnungen UR 2011).

Eine weitere Möglichkeit bieten intelligente Verpackungssysteme, die mit **Radiofrequenz-Identifikationskennzeichen (RFID)** ausgestattet werden. Auch diese seien auf dem Vormarsch, sagen Analysten (Process 2011). Hierbei handelt es sich um winzige Sender, die einfache Informationen über das Produkt übermitteln können. Es gibt passive RFID, die ihre Energie extern erhalten und deren Informationen abgelesen werden müssen. Aktive RFID sind mit einer Batterie ausgestattet und senden Informationen. Sie können beispielsweise Informationen über das Produkt und über den Produktstandort übermitteln. Dies könnte z.B. die Lagerverwaltung in Supermärkten erleichtern. Insbesondere die Metro-Gruppe, Wal-Mart und die Supermarktkette Tesco treiben den Einsatz von RFID-Systemen voran (Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik 2005).

### **Nanobeschichtungen für die Lebensmittelproduktion**

Nanobeschichtungen werden auch in der Lebensmittelproduktion eingesetzt, beispielsweise um das Wachstum von Bakterien zu verhindern. Dadurch sollen Reinigungsmittel eingespart werden.

Die deutsche Firma CTC Nanotechnology bietet zwei Nano-Produkte für die Lebensmittelproduktion an: Nanoident Pro Distance ist ein Antihafmittel für Glas, Lack, Edelstahl, Aluminium und Gummi u.a. für Backöfen und die Lebensmittelindustrie (CTC Nanotechnology ohne Datum). Nanoident Inoxshield Forte ist eine nanobionische Beschichtung, die schmutzabweisend wirken soll. Als Einsatzgebiete werden die Gastronomie, Restaurants, Küchen, Schränke, Bleche, Blenden, Rohre, Grills, Backöfen und Abzugshauben genannt.

### **Nano-Reinigungsmittel und -beschichtungen für Küchenutensilien**

Der Markt mit Nano-Reinigungsmitteln wächst. Fast alle dieser Produkte werben mit einer Nanobeschichtung, die schmutzabweisend sein oder antibakteriell wirken soll. Eingesetzt werden vor allem Nano-Siliziumdioxid und Nano-Silber. Bei vielen Produkten wird das eingesetzte Nanomaterial jedoch nicht genauer benannt.

## **Der Ketchup ist noch nicht vom Tisch**

*Das Problem der Restentleerbarkeit von Ketchupflaschen bringt Wissenschaftler seit Jahren zum Grübeln. Bereits 2007 wurde eine 20 nm dünne Antihafbeschichtung für die Innenseite von Mayonnaise- und Ketchupflaschen vom Fraunhofer Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung (IVV) entwickelt. (IVV 2006/2007, IGB 2007, Scenta 2007)*

*Nun haben US-Wissenschaftler des Massachusetts Institute of Technology ein neues Produkt entwickelt: LiquiGlide. Die selbstreinigende Beschichtung soll Ketchup und andere flüssige Lebensmittel endlich rückstandslos fließen lassen (Spiegel Online 2012 II).*

**Tabelle 6: Nano-Reinigungs- und Veredelungsmittel für den Küchenbereich**

Kategorie	Produkt	Hersteller	Nano-Inhalt	Nano-Inhalt
Beschichtung	Kühlschrank Veredelung	Nanopool / Die Nano Experten	Nano-Siliziumdioxid	Glatte Oberfläche, so dass Bakterien nicht haften bleiben.
Reinigung	Sidolin (Nano protect)	Henkel	unspezifischer Nano-Inhalt	Der Glasreiniger mit Nano-Protect-Formel sorgt für 2 x mal längeren Glanz auf Glas und glatten Flächen.
Reinigung	Zilotex Geschirrtuch	Zielonka	Nano-Silber	Streifenfreier Glanz durch Active – Silver
Beschichtung	Nanopool	Nanopool / Die Nano Experten	Nano-Siliziumdioxid 100 nm	Antibakterielle Beschichtungen für Tischdecken, Backofen, Grill
Beschichtung	NANOIDENT Pro Distance	CTC Nanotechnology	unspezifischer Nano-Inhalt	Nano-Antihaftmittel z.B. bei Backöfen oder in der Lebensmittelproduktion
Beschichtung	NANOIDENT Inoxshield	CTC Nanotechnology	unspezifischer Nano-Inhalt	Nanobionik – Schutzbeschichtung für Edelstahl z. B. in Küchen
Beschichtung	nanoproofed® protection	Nanoproofed	unspezifischer Nano-Inhalt	Chrom-Edelstahl-Versiegelung erzeugt ein sehr gutes Abperlverhalten
Beschichtung	Nanotol Universal	CeNano	unspezifischer Nano-Inhalt	Unsichtbare Nanopolymerschicht
Beschichtung	Nanotol Clean & Shine	CeNano	unspezifischer Nano-Inhalt	Nanoversiegelung für alle Oberflächen in der Küche
Beschichtung	Wenko Nano Badversiegler	Wenko	unspezifischer Nano-Inhalt	Beim Reinigen mit „Nano Plus“-Produkten sorgt ein unsichtbarer Schutzfilm dafür, dass alles länger sauber bleibt.

(Weitere Informationen in Anhang A)

Auch außerhalb Deutschlands werden zahlreiche Reinigungsmittel und Küchenutensilien mit Nanomaterialien angeboten, beispielsweise: Eine Spülbürste für Babyfläschchen mit Nano-Silber bietet die Firma Sang Shin an. Sie soll bei der Reinigung antibakteriell wirken (Sang Shin ohne Datum).

Nano-Keramikbeschichtung, die dazu dienen soll, dass Frittieröl seltener gewechselt werden muss. In den USA ist es bereits zugelassen und wird als geeignet für Fastfoodketten wie McDonalds oder Burger King, aber auch für kleine Familienunternehmen gepriesen (Oil Fresh ohne Datum).

Seit 2006 ist ein speziell für Fast-Food-Ketten entwickeltes Produkt „Oilfresh“ der Firma Oil-Fresh Corporation auf dem Markt. Dieses Produkt basiert auf einer „katalytisch wirksamen“

**Tabelle 7: Küchenutensilien und -geräte mit Nanomaterialien auf dem deutschen Markt**

Kategorie	Produkt	Hersteller	Nano-Inhalt	Herstellerangaben
Kochgeschirr	Nano Maxx Pfannen	Nano Maxx	unspezifischer Nano-Inhalt	Verbesserte Kratzfestigkeit sowie ausgesprochen hohe Belastbarkeit,
Kühlschrank	Kühlschrank R-26SVND-1	Hitachi	„Nano-Titanfilter“	Vernichtet alle Bakterien, bringt gesunde und nahrhafte Lebensmittel frei von jeglichen Krankheitserregern.
Kochgeschirr	Nano-Silber Dosen-set Frischhaltedosen	Everin	Nano-Silber	Die Silikondichtung mit Nano-Silber-Partikeln wirkt bakterien- und pilztötend und sorgt so für eine optimal keimfreie Aufbewahrung der Lebensmittel.
Wasserfilter	Trinkwasser Spender	Wacor	Nano-Silber	Nanosilber-Membran-Filter
Kochgeschirr	Exdura NANO Pfannen	Westfalia	Nano-Keramik	Antihafbeschichtung ist hoch erhitzenbar, extrem hart.
Kochgeschirr	Gastrolux Guss BIOTAN	Gastrolux	unspezifischer Nano-Inhalt	Durch die NANO Technologie ein Höchstmaß an Gleitfähigkeit.
Kochgeschirr	Gastrolux Guss BIOTAN Pfanne 28/4 cm NANO	Gastrolux	unspezifischer Nano-Inhalt	Gleichzeitig erreichen wir durch die NANO Technologie ein Höchstmaß an Gleitfähigkeit.
Kochgeschirr	Gastrolux Kochtopf	Gastrolux	unspezifischer Nano-Inhalt	Durch die NANO Technologie ein Höchstmaß an Gleitfähigkeit.
Spüle	Nano-Granit-Einbauspüle	BAUR	Nano-Granit	Das Material ist darüber hinaus durch seine Nanostruktur extrem fein.

(Weitere Informationen in Anhang A)

## Kohlenstoff-Nanoröhren in Schiebegriffen von Einkaufswagen

2008 berichtete der BUND von einem Patent der Firma systec POS-Technology GmbH aus Puchheim für die Beschichtung von Einkaufswagen oder Transportbehälter mit Nanomaterialien. Dieses Patent wird nun offensichtlich genutzt. Die Branchenzeitschrift Rowa News berichtete bereits 2010, dass Kohlenstoff-Nanoröhren als leitfähiger Zusatz in Polymeren das Alltagsleben leichter und sicherer machen. Systec-POS Technology setzt Nanomaterialien in Schiebegriffen von Einkaufswagen ein. So müsse „kein Kunde mehr elektrische Schläge beim Schieben des Einkaufswagens befürchten“ (Rowa News 2010). Bei welchen Einkaufswagen Nanomaterialien in Deutschland eingesetzt werden, ist nicht bekannt.



## 5. Nanotechnologie und Landwirtschaft

Nanotechnologien werden nach Einschätzung vieler Wissenschaftler in den nächsten 50 Jahren voraussichtlich eine wichtige Rolle in der Landwirtschaft spielen (Brennan 2012).

Sie werden genutzt:

- für Nano-Kapseln, um eine effizientere Aufnahme von Pestiziden und Düngern zu erreichen,
- um Krankheitserreger bei Tieren und Pflanzen zu erkennen oder
- zur Haltbarmachung, Rückverfolgbarkeit und Überwachung.

Alle führenden Produzenten von Agrochemikalien wie BASF, Monsanto, Syngenta, u.a. forschen an Entwicklungen der Nanotechnologie für den Einsatz in der Landwirtschaft (JKI 2008).

Mehrere Nano-Pestizide sind bereits auf dem Markt, auch in Deutschland. Zuchtfische erhalten bei der größten US-Firma für Aquakulturen Clear Spring Trout nanopartikelartige Impfstoffe, Wissenschaftler der US Clemson Universität haben als Alternative zu Antibiotika für Hühner Nanopartikel entwickelt, die Bakterien binden (OECD 2005). Futtermittel können mit Nanomaterialien angereichert werden, die Genmanipulation von Pflanzen wird durch Nanotechnologien vereinfacht und nanotechnologische interaktive Überwachungssysteme können genutzt werden.

Während der Einsatz von Nanomaterialien in vielen landwirtschaftlichen Bereichen nicht mehr nur Zukunftsmusik ist, distanzieren sich Bio-Anbauverbände weltweit vom Einsatz der Nanomaterialien.

### Agrochemikalien auf Nano-Basis sind bereits im Einsatz

2014 wurden mehr als 46.000 Tonnen Pestizide in Deutschland versprüht (BVL 2015). Mit dem zunehmenden Einsatz von Nanomaterialien soll – nach Angaben der Pestizidhersteller – diese Menge sinken. Dieses Versprechen der Chemieindustrie scheint äußerst fraglich.

Es werden viele verschiedene Nanostoffe eingesetzt, beispielsweise Nano-Silber in Fungiziden, Titandioxid als Zusatz (Photokatalyst) in Insektiziden wie Imidacloprid oder Zinkoxid in Düngemitteln (EU Kommission 2014).

„Nanoskalige Pestizidwirkstoffe werden beispielsweise in Nano-Kapseln verpackt, um sie vor UV-Strahlung zu schützen oder um sie zielgerichteter einsetzen zu können, z.B. besser in einen Insektenmagen schleusen zu können. Erst unter bestimmten Bedingungen wie Hitze, Sonnenlicht oder der alkalischen Umgebung im Magen der Insekten werden sie freigesetzt. Die Kapseln bestehen beispielsweise aus Polymeren oder Silizium (Hofmann, Kah 2012).

Auch bei Agrochemikalien ist es schwierig festzustellen, in welchen Produkten Nanomaterialien enthalten sind bzw. an welchen Produkten geforscht wird, da die Veröffentlichung dieser Informationen durch die Pestizid-Hersteller freiwillig ist. Schon 2004 wurde von Nano-Agrochemikalien berichtet, die in der Landwirtschaft eingesetzt werden. Zu diesen gehörten veränderte Rezepturen von herkömmlichen Pestiziden, Wachstumsregulatoren und Mittel zur Saatgutbehandlung (ETC Group 2004; Green and Beestman 2007). Joseph and Morrison berichteten 2006 von Unternehmen, die Pestizide mit Partikelgrößen von 100–250 nm herstellen und sich damit in Wasser besser auflösen lassen als herkömmliche Mittel. Auch Mittel, die auf Wasser- oder Ölbasis hergestellt werden und die Partikel in einer Größe von 200–400 nm enthalten, sollten schon auf dem Markt sein (Joseph, Morrison 2006). 2012 erschien ein Bericht der Universität Wien über den Stand des Einsatzes von Nano-Pestiziden in der Landwirtschaft. Die Wissenschaftler stellten fest, dass „Nano-Pestizide in den letzten Jahren sehr aktiv in den Laboren der Agroindustrie entwickelt wurden, ohne dass dieses Thema das öffentliche Bewusstsein, geschweige denn die staatlichen Behörden, erreicht hätte“ (Hofmann, Kah 2012). Nano-Pestizide sind nach ihren Recherchen bereits auf dem Markt.

Auch Düngemittel auf Nanobasis werden möglicherweise schon eingesetzt. Nährstoffe können von Nanomaterialien eingekapselt oder die Wirkstoffe mit einem dünnen Schutzfilm überzogen werden. Auch Dünger in Form von Nano-Emulsionen oder als Nanopartikel sind vorstellbar. Nanomaterialien sollen dazu dienen, Überdüngung zu stoppen, indem sie dafür sorgen, dass Dünger kontrolliert freigegeben werden. Nährstoffe sollen so nur von den Pflanzen aufgenommen werden und nicht unbeabsichtigt in Böden, Wasser oder Mikroorganismen gelangen (Jones 2012).

**Tabelle 8: Nano-Pestizide auf dem deutschen Markt**

Produkt	Hersteller	Nano-Inhalt	Herstellerangaben
Primo MAXX Wachstumsregler (Verkauf bis Ende April 2016 erlaubt, Anwendung bis Ende April 2017)	Syngenta	unspezifischer Nano-Inhalt	Von Syngenta sind Nano-Pestizide auf dem Markt, die als Micro-Emulsionen vermarktet werden (Hofmann, Kah 2012). Syngenta Aussage 2007: „Mikroemulsionskonzentrat mit 100 nm großen Partikeln“ (Syngenta ohne Datum).
Banner MAXX Fungizid (Verkauf bis Ende April 2016 erlaubt, Anwendung bis Ende April 2017)	Syngenta	unspezifischer Nano-Inhalt	Von Syngenta sind Nano-Pestizide auf dem Markt, die als Micro-Emulsionen vermarktet werden (Hofmann, Kah 2012). Syngenta Aussage 2007: „Mikroemulsionskonzentrat mit 100 nm großen Partikeln.“ (Syngenta ohne Datum).

*(Weitere Informationen in Anhang A)*

### Nano-Pestizide In Deutschland

Von Syngenta sind der sehr häufig eingesetzte Wachstumsregulator bei professionellen Rasenflächen „Primo MAXX“ und das Produkt Banner MAXX als Fungizid gegen Pilzbefall für Rasenflächen auf dem Markt (Everin 2015). Beide werden als Mikro-Emulsionen angeboten, sind jedoch Nano-Emulsionen wie Wissenschaftler der Universität Wien feststellten. So scheint nach ihren Recherchen die Formulierung „Mikro-Emulsion“ gängig für die Bezeichnung von Formulierungen mit organischen Nano-Partikeln zu sein (Hofmann, Kah 2012). Die Zulassung der beiden Produkte wurde Ende Oktober 2015 auf Wunsch des Zulassungsinhabers Syngenta widerrufen. Es gibt nach dem Pflanzenschutzgesetz eine Abverkaufsfrist bis Ende April 2016. Anwender dürfen die Produkte noch bis Ende April 2017 aufbrauchen (BVL 2015 II).

Zwei Pflanzenstärkungsmittel mit Nanomaterialien wurden bis 2012 in Deutschland auf der Liste für Pflanzenstärkungsmittel des Bundesamtes für Verbraucherschutz (BVL) geführt (BVL 2012): Nano-Argentum 10 und Nano-Gro. Beide Mittel sind auf dem deutschen Markt nicht mehr erhältlich. Nach Aussagen des Bundesamtes für Verbraucherschutz wurde Nano-Argentum 10 als nicht verkehrsfähig eingestuft (BVL, persönliches Gespräch 19.01.2016).

Allerdings wird Nano-Argentum 10 mit dem Inhaltsstoff Nano-Silber weiterhin von der Schweizer Firma NanoSys angeboten und kann über die deutschsprachige Website bestellt werden. Es soll die Widerstandsfähigkeit der Pflanzen beispielsweise bei Blumen und Gemüsepflanzen erhöhen (NanoSys 2005).

Das Produkt Nano-Gro der gleichnamigen US Amerikanischen Firma enthält die Inhaltsstoffe Eisen, Cobalt, Aluminium, Magnesium, Mangan, Nickel, Silber in Nanogröße (Agrarius ohne Datum). Es wird in Europa von der polnischen Firma Agrarius vermarktet. In Deutschland direkt ist das Produkt nicht erhältlich, kann aber über die deutschsprachige Website von Agrarius bestellt werden. „Nano-Gro® wurde nach den Prinzipien der Nanotechnologie entwickelt. Die in Nano-Konzentrationen enthaltenen Sulfate (...), mobilisieren nach der Auflösung in Wasser und Aufnahme durch die Pflanze einen Antistress-Abwehrmechanismus der Pflanze, ohne dass ein tatsächlicher Stressfaktor vorliegt“, so die Werbeaussagen des Unternehmens (Agrarius ohne Datum).

Die 2008 genannte deutsche Firma Geohumus setzt wahrscheinlich keine Nanomaterialien mehr bei Bodenhilfsstoffen ein. Informationen über Nanotechnologie bei Geohumus Produkten wurden von der Website genommen, auch auf Nachfrage wurde der Einsatz von Nanomaterialien verneint.

Auch Nano-Titandioxid, Nano-Silber und Nano-Silizium können in Pestiziden enthalten sein: Das Insektizid Chlorfenapyr könnte Nano-Titandioxid und das Insektizid Deltamethrin einen Nano-Silber Kern enthalten. Auch Nano-Silizium in Pestiziden könnte für den Einsatz gegen Insekten genutzt werden. Pestizide mit Nano-Silber sind beispielsweise interessant für Flächen mit Weidelgras (Bedeutung als Gras auf Weideland, zur Gewinnung von Heu und Silage sowie als Winterzwischenfrucht in Biogasfruchtfolgen). Eine Studie hat 2009 gezeigt, dass der Pilzbefall bei Weidelgras durch Nano-Silber gesenkt werden konnte (Hofmann, Kah 2012). Nano-Silber wurde in dieser Untersuchung vorsorglich ausgebracht, angesichts der Umweltrisiken von Nano-Silber ein aus Sicht des BUND völlig inakzeptables Vorgehen. Ob solche Produkte bereits auf dem Markt sind, ist nicht bekannt.

#### **Keiner weiß, wie hoch die Dunkelziffer ist**

Da es weder eine spezielle Zulassung für Nano-Pestizide gibt, noch ein Melderegister, ist nicht bekannt, wie hoch die „Dunkelziffer“ an Nano-Pestiziden auf dem deutschen Markt ist.

In den letzten zehn Jahren wurden 3000 Patente für Nano-Pestizide angemeldet (Hofmann, Kah 2012). Auch BASF ist unter den Patentanmeldern (TA-Swiss 2009). Dies legt nahe, dass mehr Nano-Pestizide auf dem Markt zu finden sind, als bekannt ist. So ist auch im Webportal Pflanzenforschung.de (gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung) zu lesen, dass „bereits einzelne Nano-Pestizide auf dem Markt sind. Dies sind meist Pestizidwirkstoffe, die bereits in Makroform auf dem Markt sind und jetzt auch nanoskaliert eingesetzt werden...“ (Pflanzenforschung.de 2012). Die Internetplattform nano-technologien.com schreibt ebenfalls, dass „die Bayer AG bereits im großen Stil Pestizide in dieser Formatgröße herstellt“ (nano-technologien.com 2012).

Zudem ist zu befürchten, dass Angaben über Nanomaterialien in Pestiziden verheimlicht werden. Beispiele dafür gibt es: Die Umweltschutzbehörde der USA (Environmental Protection Agency (EPA)) ließ versehentlich ein Pestizid mit Nanomaterialien zu, da der Hersteller die Behörde nicht über den Nano-Inhalt informiert hatte. Das Unternehmen entschuldigte dies mit der Tatsache, dass der Stoff lediglich eine Nano-version des bisher eingesetzten konventionellen Pestizids sei. Unternehmen

wollen offensichtlich nicht die ersten sein, die mit Nano-Produkten auf den Markt gehen. Bei der EPA hatten mehrere Unternehmen für ein Zulassungsverfahren angegeben, dass Produkte Nanomaterialien enthalten, dann aber die Informationen zurückgezogen, als sie feststellten, welche Nachweise die EPA für die Zulassung verlangt (House of Lords 2010).

#### **Auf dem Markt außerhalb Deutschlands wurden weitere Nano-Pestizide ausfindig gemacht:**

Die US Firma Geoflow stellt ein Produkt mit Nano-Ton her, das als Dünger eingesetzt werden könnte (Observatory Nano 2010). Seit 2010 bietet die kanadische Firma Vive Nano-Kapseln unter anderem für den Einsatz bei Herbiziden an. Geworben wird mit einer „einzigartigen Technologie zur Verkapselung von synthetischen Nanopartikeln“ (Canadian Chemical News 2012). Die iranische Firma Nano Nasb Pars Co. vermarktet das Produkt „Nanocid“ mit Nano-Silber für den Einsatz im Gartenbau (Nanocid ohne Datum; EFSA 2014). Monsanto hat gemeinsam mit der Firma Flamel Technologies an der Entwicklung von Nano-Kapseln unter dem Namen „Agsome“ für das weltweit sehr häufig eingesetzte Pestizid Roundup gearbeitet (TA-Swiss 2009). Das Produkt ist nicht auf dem Markt, es sind keine aktuellen Informationen vorhanden. Dies sind nur einige wenige Beispiele. Es muss davon ausgegangen werden, dass weit mehr Pestizide mit Nanomaterialien auf dem Markt sind.

#### **Nano-Futtermittel**

Alle Mineralien, Vitamine, Zusatzstoffe oder Ergänzungsmittel in Nano-Größe, die für Lebensmittel hergestellt wurden, können theoretisch auch für Futtermittel verwendet werden.

Die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit stellt 2014 fest, dass keine Futtermittel mit Nano-Zusatzstoffen bekannt seien. (EFSA 2014)

International scheinen jedoch erste Futtermittel mit Nanomaterialien auf dem Markt zu sein. Der indische Wissenschaftler Rajedran vom indischen National Institute of Animal Nutrition and Physiology spricht 2013 sogar davon, dass der „Einsatz von Nano-Mineralien in diesem Bereich immens ist“ (Rajedra 2013). Beispielsweise gibt es einen Nano-Zusatzstoff, der Tiere vor Schimmelpilzen (Mykotoxinen) schützen soll. Zudem ist ein Nano Vitamin-Mix bekannt, der für Nutztiere und Geflügel

entwickelt wurde (FAO/WHO 2010). Auch Futtermittelzusatzstoffe mit Nano-Zeolith für Nutztiere (z.B. Schweine) könnten eingesetzt werden (AGES 2010). Entwickelt wurde ein Futtermittelzusatzstoff von Wissenschaftlern der Universität Newcastle: Nano-Zinkoxid soll helfen durch Durchfall zu leicht gewordene Schweine wieder aufzupäppeln (Feed Management Systems 2013). In Entwicklung sind weitere Nano-Futtermittel, beispielsweise ein Nano-Zusatzstoff aus Nano-Ton ebenfalls gegen Schimmelpilze (FAO/WHO 2010).

### **Nanosensoren in der Landwirtschaft**

Sensoren auf der Basis von Nano- und Nano-Biotechnologie werden für eine Vielzahl von Anwendungsbereichen in der Landwirtschaft entwickelt: zur Detektion von Krankheiten, zur Regulierung von Frostschutz- oder Bewässerungsanlagen und zur Überwachung von Biotopen und Wildtieren (JKI 2008). So könnten zukünftig mit Hilfe von Nanosensoren von Pflanzen Signale abgegeben werden, wenn sie von Pilzen befallen sind oder sie Wasser benötigen. Es ist bekannt, dass zu Nanosensoren für die Landwirtschaft geforscht wird (Hofmann, Kah 2012), inwieweit diese bereits eingesetzt werden, ist unklar.

### **Verschiedene Entwicklungen zu Nanosensoren sind bereits vorhanden:**

Wissenschaftler aus den USA haben einen Nano-Sensor entwickelt, der zu mehr Lebensmittelsicherheit beitragen soll. Er kann dazu eingesetzt werden, den Gehalt von Pestiziden und anderen Chemikalien in Pflanzen zu messen, die als Lebensmittel oder für Medikamente genutzt werden sollen. Der Sensor nutzt Carbon Nanotubes und könnte bis zu acht Giftstoffe messen. (FoodQualityNews.com 2013)

Eine Gruppe australischer Wissenschaftler hat einen Apparat entwickelt, der mit Hilfe von farbmeterischer Identifikation, die auf Anhäufungen von Nano-Goldpartikeln basiert, Schafsläuse auf Schergeräten entdecken kann (Nanotechnology Victoria ohne Datum).

Nanosensoren sollen mit GPS-Daten korrespondieren, um damit Feldfrüchte besser überwachen zu können. So hat die US-Firma Accenture ein Managementsystem für einen Weinproduzenten entwickelt. Ein Netzwerk von kabellosen Sensoren misst dabei ständig die Feuchtigkeit, Wind, Wasser sowie

Boden- und Lufttemperatur. Die Technologie soll es möglich machen, gezielt zu bewässern, wenn nötig Blätter zu entfernen, wenn Früchte nicht genug Sonne bekommen oder den Zeitplan für den Einsatz von Pestiziden anzupassen (Jones 2012).

## 6. Risiken für die menschliche Gesundheit

Die Verwendung synthetischer Nanomaterialien in Lebensmitteln, Nahrungsergänzungsmitteln, Lebensmittelverpackungen und Agrochemikalien birgt neue Risiken für Verbraucher, für Arbeitnehmer in der Lebensmittelindustrie sowie für Landwirte. Dies stellte der BUND bereits in seiner Studie 2008 fest. Sechs Jahre nach der Veröffentlichung der ersten BUND Studie zu Nanotechnologien im Lebensmittelsektor, gibt es neue Studien und Berichte, die Risiken zeigen, denen kaum ein Nutzen für Verbraucher gegenüber steht.

Warum Nanopartikel mit neuen Risiken verbunden sein können:

- Nanopartikel sind in der Regel chemisch reaktiver als größere Partikel.
- Nanopartikel werden in der Regel leichter vom Körper aufgenommen.
- Höhere biologische Verfügbarkeit und größere biologische Aktivität können zu höherer Toxizität führen.
- Nanopartikel können die Funktion unseres Immunsystems beeinträchtigen.
- Nanopartikel könnten zu akuten Schäden führen.
- Nanopartikel könnten zu gesundheitlichen Langzeitschäden führen.

Die Gefahren von Nanomaterialien sind bislang nur unzureichend bekannt. Wir wissen nicht,

- in welchem Maß wir derzeit Nanomaterialien ausgesetzt sind,
- wie der Körper Nanomaterialien aufnimmt,
- wie sich Nanomaterialien im Körper verteilen,
- welche Aufnahmemenge und -art bereits Gesundheitsschäden hervorruft oder ob es überhaupt einen sicheren Grenzwert zum Schutz vor gesundheitlichen Schäden gibt.

Der bisherige Kenntnisstand über Nanomaterialien zeigt, dass Nanomaterialien wie herkömmliche Chemikalien sehr unterschiedlich sind. Es lässt sich keine generelle Aussage zu den Risiken aller Nanomaterialien machen. Jeder Stoff muss daher einzeln beurteilt werden (SCENIHR 2009; EU Kommission 2012 II).

### Nanomaterialien können oxidativen Stress verursachen

Oxidativer Stress entsteht bei Stoffwechselfvorgängen einer Zelle, bei denen zu viele reaktive Sauerstoffverbindungen gebildet werden. Die normale Reparatur- und Entgiftungsfunktion einer Zelle wird überfordert und es kommt zu ihrer Schädigung.

Oxidativer Stress kann zu verschiedenen Reaktionen im Körper führen:

- Entzündungen
- Entwicklung von Tumoren aufgrund chronischer Entzündungen
- Begünstigung von Thrombose-Bildung
- Herzrhythmusstörungen
- Beeinträchtigungen der Gefäßfunktion (akut)
- Atherosklerose (Ablagerungen in den Adern) (langfristig)

### Wie wir mit Nanomaterialien im Lebensmittelsektor in Kontakt kommen

Welche Mengen synthetischer Nanomaterialien aus Lebensmitteln vom menschlichen Körper aufgenommen werden, ist weitgehend unbekannt. Weder gibt es genaue Informationen darüber, welche Nanomaterialien eingesetzt werden noch in welchem Umfang diese bereits auf dem Markt sind. Sicher ist, Nanomaterialien werden aufgenommen, wenn sie direkt dem Lebensmittel zugefügt werden wie Lebensmittelzusatzstoffe, wenn Lebensmittel wie Obst mit essbaren Nanobeschichtungen überzogen sind oder Verpackungen nanoskalige Stoffe in das Lebensmittel absichtlich abgeben.

Dass Nanomaterialien aus Verpackungen in Lebensmittel gelangen könnten, legen Studien über herkömmliche Materialien wie Polymere und andere chemische Zusätze nahe, die schon länger in Verpackungen eingesetzt werden. Studien zeigen, dass diese in Lebensmitteln zu finden sind (Franz 2005; Das et al. 2007). Bisher gibt es zu Nanomaterialien in Verpackungen nur wenige Studien. Es kann keine generelle Aussage über alle Nanomaterialien gemacht werden, ein möglicher Übergang ist abhängig vom Nanomaterial und dem Material der Verpackungen und Küchenutensilien (EFSA 2009).

### Szenario zur Belastung mit Nano-Titandioxid – Kinder sind am stärksten belastet

In einer Studie aus den USA wurde die Aufnahmemenge von Titandioxid (TiO<sub>2</sub>) aus Lebensmitteln berechnet. 89 verschiedene Lebensmittel wurden analysiert und daraus eine Gesamtbelastung ermittelt. Die Lebensmittel mit den höchsten Mengen an TiO<sub>2</sub> waren vor allem von Kindern gern gegessene Produkte wie Süßigkeiten, Bonbons oder Kaugummi.

Daraus ergab sich eine typische Belastung eines US-Amerikaners im Alter über 10 Jahren von 0,2–0,7 Milligramm (mg) TiO<sub>2</sub> pro Kilogramm (kg) Körpergewicht am Tag. Die Belastung bei Kindern unter 10 Jahren war mit 1–2 mg TiO<sub>2</sub> pro kg Körpergewicht am Tag deutlich höher, da sie mehr Lebensmittel essen, die Nano-TiO<sub>2</sub> enthalten können.

36 Prozent des TiO<sub>2</sub> in den untersuchten Lebensmitteln lag in einer Größe kleiner 100 Nanometer (nm) vor.

Da die Aufnahmemenge von den Ernährungsgewohnheiten abhängig ist, nehmen die Autoren an, dass die Belastung mit TiO<sub>2</sub> in speziellen Fällen sogar einige hundert Milligramm pro Tag betragen kann.

*(Weir et al. 2012; Nanowerk 2012)*

Eine Studie chinesischer Wissenschaftler aus 2011 zeigt, dass Nano-Silber aus Verpackungen in Lebensmittel übergehen kann. Gemessen wurde, ob Nano-Silber aus Plastikverpackungen (aus Polyethylen) in Lebensmittel-Simulanzien zu finden ist. Dies war der Fall. Je höher die Lagerzeit und die Temperatur (gemessen wurde von 25–50°C), desto höher war die Menge an Nano-Silber im Produkt (Huang 2011). Das Max-Rubner-Institut bestätigte diese Ergebnisse in einer Studie 2013. Auch hier war Nano-Silber aus Verpackungen in drei verschiedenen Lebensmittel-Simulanzien zu finden (MRI 2013 II). Das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) schätzt eine Belastung von Lebensmitteln durch mit Nano-Silber ausgerüstete Verpackungsmaterialien jedoch als gering ein (BfR 2012).

### Worst-Case-Szenario zur Belastung mit Nano-Siliziumdioxid

Eine Einschätzung einer Belastung durch Nano-Siliziumdioxid aus Lebensmitteln kommt aus den Niederlanden: Forscher haben ein Belastungsszenario für Nano-Siliziumdioxid entworfen. Sie untersuchten 27 Lebensmittelprodukte wie Tütensuppen, Lasagnesaucen, Instantnudeln, Pfannkuchmischungen oder Käsesaucen auf Nano-Siliziumdioxid. Die Menge an Nano-Silizium variierte in den Produkten stark. Die Partikelgrößen lagen im Bereich von 50–200 nm.

Die AutorInnen haben ein „worst-case Szenario“ des Konsums verschiedenster Produkte mit Nano-Siliziumdioxid erstellt. Sie errechneten eine maximale Aufnahme von 124 mg Nano-Siliziumdioxid pro Tag. Dies entspricht bei einer Person von 70 kg insgesamt 1,8 mg Nano-Siliziumdioxid pro kg Körpergewicht und Tag (Dekkers et al. 2011)

Eine weitere Möglichkeit der Belastung von Lebensmitteln entsteht durch den Einsatz von Nanomaterialien während ihres Herstellungsprozesses, beispielsweise durch den Abrieb von mit Nanomaterialien beschichteten Maschinen oder durch den Einsatz von Filtern mit Nanomaterialien (EFSA 2009). Zudem ist es auch möglich, dass synthetische Nanomaterialien durch Verunreinigungen von Boden, Wasser oder Luft in Lebensmittel wie Obst oder Gemüse gelangen können (FAO / WHO 2010).

Dass Lebens- und Futtermittel möglicherweise über in die Umwelt gelangte Nanomaterialien kontaminiert werden könnten, zeigt eine Studie aus den USA. Die Forscher pflanzten Soja auf Böden, die mit Nano-Zinkoxid (Einsatz z. B. in Kosmetika) und Nano-Ceriumoxid (Einsatz z. B. in Sonnencremes) belastet waren. Beide Stoffe konnten dann in den essbaren Teilen und den Fortpflanzungsorganen der Pflanze nachgewiesen werden. Nanomaterialien können also über belastete Böden in die Nahrungskette und nachfolgende Pflanzengenerationen gelangen (Gardea-Torresdey et al. 2013).

Wissenschaftler aus Südkorea und den USA haben ebenfalls Tests mit Nano-Zinkoxid und Nano-Ceriumoxid durchgeführt und festgestellt, dass diese Stoffe auch das Wachstum von

Sojapflanzen beeinflussen können. Auch die Fähigkeit der Pflanze, Stickstoff zu binden, wurde beeinflusst. Die Forscher fanden ferner heraus, dass sich Nano-Zinkoxid in allen Geweben der Sojabohnen anreichert, vor allem in Blättern. Während Nano-Zinkoxid das Wachstum der Soja-Pflanzen zu stimulieren schien, wurde es bei Nano-Ceriumoxid verlangsamt. Die Forscher sehen mögliche Risiken für die Lebensmittelherstellung durch die Belastung mit Nanomaterialien. Sie befürchten, dass diese Nanomaterialien beispielsweise über Abwasser in die Böden gelangen (Priester et al. 2012).

### Aufnahme über den Verdauungstrakt

Es ist nicht geklärt, ob und welche Nanomaterialien durch den Magen-Darm-Trakt aufgenommen werden, in welchen Mengen dies geschieht, ob sie aufgeschlossen, als intakte nanoskalige Strukturen aufgenommen oder ausgeschieden werden (MRI 2010). Bisher gibt es nur wenige Studien, die sich mit diesen Fragen beschäftigten. Der wissenschaftlich-technische Ausschuss des britischen Oberhauses fordert, dringend Studien durchzuführen, die das Verhalten von Nanomaterialien im Verdauungstrakt untersuchen (House of Lords 2010).

Im Gegensatz zu organischen Nanomaterialien werden anorganische Nanomaterialien im Magen-Darm-Trakt nicht abgebaut (MRI 2010). Wie hoch die Aufnahme von Stoffen über den Magen-Darm-Trakt ist, scheint zudem von Eigenschaften wie Größe und Oberflächenstruktur abhängig zu sein. So war die Aufnahme bei Ratten über den Verdauungstrakt 15–250 höher, wenn die Partikel nur 100 nm groß waren im Vergleich zu größeren Partikeln (LUBW 2010). Bei Mäusen wurden Nano-Goldpartikel mit einer Größe von 4 nm nach oraler Aufnahme in der Leber, der Niere, der Milz, der Lunge und dem Gehirn nachgewiesen, 58 nm große Partikel blieben hingegen im Magen-Darm-Trakt (SRU 2011).

Bereits eine Studie aus dem Jahr 2000 legte dar, dass  $\text{TiO}_2$  aus dem Magen-Darm-Trakt in den menschlichen Organismus aufgenommen werden kann. Probanden erhielten oral  $\text{TiO}_2$  verpackt in Gelatinekapseln in den Größen 160 und 380 nm. Die Aufnahme der Stoffe erfolgte bei kleinen Partikeln schneller als bei größeren (Böckmann et al. 2000). Eine In-vitro-Studie aus den Niederlanden, bei der die Verdauung simuliert wurde, zeigte, dass Nano-Siliziumdioxid aus heißem Wasser, Kaffee mit

Kaffeepulver, Instantsuppe und Pfannkuchen von den Darmzellen aufgenommen werden. Nano-Siliziumdioxid wurde bei der ersten Stufe der Verdauung im Mund gefunden sowie auch im späteren Verdauungsprozess. Die Forscher folgern, dass Lebensmittel mit Nano-Siliziumdioxid (E551) dazu führen, dass das Darmgewebe mit Nano-Siliziumdioxid belastet wird (Peters, Ruud, et al. 2012).

Die Dänische Umweltbehörde hat die Aufnahme von Nanomaterialien über den Verdauungstrakt untersucht: Für Nano-Siliziumdioxid zeigt eine In-vitro-Studie, dass Nano- $\text{SiO}_2$  Partikel nach Verdauung von Lebensmitteln mit Nano- $\text{SiO}_2$  im Darm vorhanden waren und damit die Bioverfügbarkeit des Stoffes erhöht werden kann. Die Behörde fand zudem starke Hinweise darauf, dass Nano-Silber vom Magen-Darm Trakt von Versuchstieren aufgenommen wird. Silber konnte nach oraler Exposition im Blut und weiteren Organen nachgewiesen werden. Über Nano-Titandioxid gibt es bei oraler Aufnahme nahezu keine Daten, obwohl dies eine der am häufigsten eingesetzten Chemikalien weltweit ist, so die Dänische Umweltbehörde. Es kann keine Aussage über die Aufnahme von  $\text{TiO}_2$  nach oraler Aufnahme gemacht werden. Zink wurde in Untersuchungen meist in der Leber und Niere gemessen. (Danish EPA 2013)

Auch die Zusammensetzung des Lebensmittels hat Einfluss auf das Verhalten von Lebensmittelbestandteilen im Magen-Darm-Trakt. Dies gilt nicht nur für synthetische Nanomaterialien. Es ist beispielsweise bekannt, dass die Aufnahme von Mineralstoffen und Spurenelementen durch die Lebensmittelinhaltsstoffe verändert werden kann. Um das Verhalten von Nanomaterialien zu analysieren, ist es daher wichtig, auch die Lebensmittel, in denen sie enthalten sind, mit zu berücksichtigen (MRI ohne Datum). Eine Veränderung der Nanomaterialien ist außerdem in der Mundhöhle sowie im Magen und Darm zu erwarten. Der pH-Wert, der sich während des Verdauungsprozesses ändert, kann einen großen Einfluss auf die Nanomaterialien haben (MRI ohne Datum). Nicht abzuschätzen ist bisher, inwieweit Menschen mit Erkrankungen stärker durch Nanomaterialien belastet werden. Bei Menschen mit Darmkrebs oder Morbus Crohn (chronisch-entzündliche Darmerkrankung) wurden Nanomaterialien im Darmgewebe gefunden (SRU 2011).

### **Verteilung im Körper**

Nanomaterialien wurden nach Aufnahme über Lebensmittel in Organen wie Herz, Leber, Milz, Lunge, Niere, Gehirn und dem Knochenmarkt nachgewiesen. Nano-Titandioxid ließ sich bei Menschen und Tieren in Blut, Leber und Milz analysieren (LUBW 2010). Nicht lösliche Nanomaterialien bleiben möglicherweise für lange Zeit im Körper und reichern sich dort an (EFSA 2009). Iridium-Nanopartikel, die über die Lunge aufgenommen wurden, lagerten sich in der Leber, in der Milz, im Herzen und im Gehirn ab, wobei sie sich bis zu sieben Tage nach der Aufnahme in den Organen anreicherten (LUBW 2010).

Nanomaterialien können in Zellen eindringen. Die Zellmembran ist für sie im Gegensatz zu größeren Partikeln kein Hindernis. Studien zeigen, dass 30 Nanometer (nm) große Nanopartikel sogar in den Zellkern eindringen können. Bis zu 2 nm große Partikel lagerten sich an der DNS an (UBA 2009). Die Wahrscheinlichkeit von Zellen und Geweben aufgenommen zu werden, erhöht sich bei Nanopartikeln im Vergleich zu größeren Partikeln auch dadurch, dass sie durch das körpereigene Abwehrsystem schwerer aus Lungen, Magen-Darm-Trakt und Organen entfernt werden können (Oberdörster 2005). Zudem binden sie sich leichter an Oberflächen innerhalb des menschlichen Körpers (Chen et al. 2006).

Britische Forscher zeigten in In-vitro-Studien, dass Nanomaterialien in die Plazenta eindringen können (Correia et al. 2013). Auch ein Übertritt von Nanopartikeln über die Plazenta in den Fötus könnte möglich sein; 200–300 nm große Partikel gelangten in Tests in dessen Blutkreislauf. Offen ist, ob dadurch die Plazenta oder sogar das ungeborene Kind geschädigt werden können (Empa 2011; UBA 2009). Es gibt noch keine Daten zu der Frage, ob ein Übergang von Nanomaterialien in die Muttermilch möglich ist (EFSA 2009). Eine Studie an Ratten zur Wirkung von Nanopartikeln auf die Blut-Hirn-Schranke zeigte, dass Nano-Silber, Nano-Aluminium und Nano-Kupfer in Größen von 50–60 nm leicht diese Barriere überwinden können. Zudem verursachten die Nanopartikel Ödeme im Gehirn. Die stärksten Auswirkungen wurden bei Nano-Silber und Nano-Kupfer beobachtet (Sharma et al. 2010).

Fraglich ist zudem, wie Nanomaterialien im Blut mit den unterschiedlichen Blutkomponenten wie roten und weißen Blutkörperchen interagieren und welchen Einfluss dies auf die Verteilung und Ausscheidung der Nanomaterialien hat (MRI 2010).

### **Studien zeigen Gesundheitsrisiken**

Schon 2008 gab es deutliche Hinweise darauf, dass manche synthetischen Nanopartikel toxischer wirken als die gleichen chemischen Verbindungen in größerer Form (Brunner et al. 2006; Chen et al. 2006; Long et al. 2006; Magrez et al. 2006). Neue Erkenntnisse bestätigen dies. Allerdings ist die Risikobewertung noch immer weit davon entfernt, Nanomaterialien abschließend bewerten zu können. Es kann keine generelle Bewertung von Nanomaterialien vorgenommen werden, jeder Stoff muss separat auf ein mögliches Risiko untersucht werden.

Durch die Aufnahme von nicht abbaubaren Nanopartikeln kann es über eine akute Toxizität hinaus möglicherweise auch zu gesundheitlichen Langzeitschäden kommen. Klinische Studien legen nahe, dass sich manche Nanopartikel im Körper anreichern und erst nach einer gewissen Zeit Erkrankungen wie z.B. Granulome (entzündungsbedingte, knotenartige Gewebeneubildungen), Zell- und Gewebeerletzungen, Krebs und Blutgerinnsel auslösen (Ballestri et al. 2001; Gatti 2004; Gatti und Rivassi 2002; Gatti et al. 2004). Auch das Bundesinstitut für Risikobewertung und das Umweltbundesamt sehen deutliche Hinweise darauf, dass einige Nanomaterialien ein krebserregendes bzw. stärker krebserregendes Potential im Unterschied zu mikroskaligen Partikeln aus demselben Material besitzen (BfR/UBA 2010).

Andere Aspekte sind ebenfalls nicht ausreichend erforscht: Beispielsweise, inwieweit Nanomaterialien auch Auswirkungen auf andere Stoffe im Körper haben. Ob Nanomaterialien Allergien auslösen, wurde bisher ebenfalls nicht geklärt (SRU 2011).

### **Nano-Siliziumdioxid – keine abschließende Risikobewertung möglich**

Amorphes Siliziumdioxid ist als Lebensmittelzusatzstoff und als Anwendung bei Beschichtungen für Verpackungen und Küchengeräten in Deutschland zugelassen. Dieser Stoff kann auch Nanopartikel enthalten. Nano-Siliziumdioxid galt bisher als unbedenklich.

Die bisherige Bewertung von Siliziumdioxid basiert auf Studien aus den Jahren bis 1981, in denen nicht auf die Größe der Partikel eingegangen wird. Neuere Studien zeigen ein Gefährdungspotenzial durch Nano-Siliziumdioxid (Universität Osnabrück).

Forscher des niederländischen Instituts für Gesundheit und Umwelt (National Institute for Public Health and the Environment Niederlande (RIVM)) veröffentlichten 2010 eine Studie, in der sie feststellen, dass es nicht möglich ist, eine abschließende Risikobewertung bei oraler Aufnahme für Nano-Siliziumdioxid vorzunehmen. Das Problem ist, dass nicht ausreichend erforscht ist, ob Nano-Siliziumdioxid im Magen-Darmtrakt aufgelöst oder aufgenommen wird. Als ungefährlich kann der Stoff, nach Meinung der Wissenschaftler, nur beurteilt werden, wenn von einer vollständigen Lösung des Nano-Siliziumdioxids ausgegangen wird. Sowohl nach oraler Gabe des Stoffes bei Ratten und Mäusen als auch bei intravenöser Gabe wurde Nano-Siliziumdioxid jedoch in der Leber gefunden. Dort führte es zu Entzündungen, die zum Zelltod führen können (Dekkers et al. 2010; SRU 2011).

Eine Studie von Wissenschaftlern des Leibniz Instituts für umweltmedizinische Forschung (IUF) an der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf zeigte, dass Nanopartikel möglicherweise zu einer schnelleren Alterung von Zellen führen. Die Forscher nutzten Fadenwürmer als Modellorganismus, die schon seit Jahrzehnten als Tiermodell in der Altersforschung dienen. Den Tieren wurden Nanomaterialien aus Siliziumdioxid in das Futter gemischt. Nano-SiO<sub>2</sub> konnte in der Darmwand nachgewiesen werden. Von dort verteilte es sich im Kern und im Plasma der Zellen, wo sie Verklumpungen von Proteinen auslösten, so dass der Stoffwechsel der Zellen gestört war. Solche Proteinverklumpungen sind beim Menschen im Zusammenhang mit der Alzheimer-Krankheit bekannt. Auch andere Auswirkungen, die normalerweise mit einer Alterung in Verbindung stehen,

konnten beobachtet werden: Die Tiere fraßen langsamer und pflanzten sich weniger gut fort. Grund dafür könnte die beobachtete Anreicherung von Nano-Siliziumdioxid-Partikeln in den Organen für die Nahrungsaufnahme sein, so dass Nahrung langsamer in den Darm gepumpt wird (von Mikecz et al. 2013).

In einer von der Dänischen Umweltbehörde (Danish EPA) veröffentlichten In-vitro-Studie wurde gezeigt, dass eine große Menge an Nano-Siliziumdioxidpartikel nach der Verdauung von Lebensmitteln mit Nanomaterialien im Darm zu finden waren (Danish EPA 2013). Eine weitere Studie zeigte bei Ratten nach 28tägiger Fütterung von Nano-Siliziumdioxid Fibrose der Leber und eine mögliche Akkumulation von Siliziumdioxid in der Milz. (Van der Zande 2014)

Ein krebserregendes Potenzial wird derzeit nach inhalativer und oraler Aufnahme von Nano-Siliziumdioxid nicht angenommen. Allerdings könnte es bei langfristiger inhalativer Aufnahme großer Mengen zur Beeinträchtigung der Lungenfunktion kommen (BfR/UBA 2010). Untersuchungsergebnisse an Arbeitern, die Nanosilikaten ausgesetzt waren, zeigen, dass eine inhalative Exposition ohne Schutzvorkehrungen zu ernstem Lungenschaden bis hin zu tödlichem Ausgang führen konnte (Song und Tang 2011).

### **Nano-Silber: weit verbreitet – Risiko wird bekannter**

Immer mehr Nano-Silber-Produkte kommen auf den Markt, ohne dass die gesundheitlichen Auswirkungen bewertet werden können. Das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) bestätigt, dass wir über das „gesundheitsschädigende Potenzial von Nano-Silber immer noch zu wenig wissen und daher das gesundheitliche Risiko für den Verbraucher derzeit nicht wissenschaftlich fundiert abschätzen können“, so Professor Dr. Dr. Andreas Hensel, Präsident des Bundesinstituts für Risikobewertung (BfR 2012). Das BfR hat 2011 dazu geraten, aufgrund der unbekanntenen Risiken für die Gesundheit auf Produkte mit Nano-Silber zu verzichten. Auch das Umweltbundesamt (UBA) mahnte bereits 2009 an, den Eintrag von Nano-Silber in die Umwelt zu minimieren (BfR 2012).

Trotz der unzureichenden Datenlage, gibt es deutliche Hinweise darauf, dass Nano-Silber gesundheitliche Schäden verursachen kann, da es möglicherweise zusätzliche toxische Wirkungen

besitzt, die bisher für Silber nicht bekannt waren. Diese basieren unter anderem auf der Fähigkeit biologische Barrieren besser zu durchdringen als die Makro-Form und sich außen an Zellen anlagern zu können (BfR 2010). Nano-Silber kann in den Blutkreislauf gelangen und sämtliche Organe des Organismus einschließlich Gehirn, Herz, Leber, Nieren, Milz, Knochenmark und Nervengewebe erreichen. Es ist auch anzunehmen, dass Nano-Silber wie Nano-Titandioxid über die Plazenta von der Mutter auf den Embryo übertragen wird und dort möglicherweise Schäden an Genital- und Nervensystem verursachen kann (Takeda 2009).

Die Toxizität von Nano-Silber für den Menschen ist nach den bisher vorliegenden Erkenntnissen gering, so die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA). Zwar zeigten In-vitro-Studien negative Effekte, diese könnten bisher jedoch in In-vivo-Studien nicht bestätigt werden. Sie hält weitere Studien insbesondere zum Einfluss von Nano-Silber auf das Immunsystem nach oraler Aufnahme für notwendig (EFSA 2014).

Schon in der ersten BUND-Studie 2008 wurde beschrieben, dass stark antibakteriell wirkende Stoffe wie Nano-Silber nützliche Bakterien in unserem Körper und der Umwelt beeinträchtigen und im Ergebnis auch die Vermehrung gesundheitsgefährdender Bakterien fördern könnten (Melhus 2007; Senjen 2007; Throback et al. 2007). Zudem gibt es Hinweise, dass Silber zu Resistenzbildungen beiträgt. Dabei muss befürchtet werden, dass gleichzeitig mit einer Resistenz gegen Silber auch die Wirksamkeit zahlreicher klinisch wichtiger Antibiotika verloren geht, die über ähnliche Mechanismen auf Mikroorganismen wirken wie Silber. (Gupta 1998; Hostynek 1993) Weitere Information zu Nano-Silber finden sich in der BUND Publikation „Nano-Silber – der Glanz täuscht“ (BUND 2009).

### **Nano-Titandioxid – Hinweise auf krebserregendes Potenzial**

Im Gegensatz zu Titandioxid in Makro-Form ist Nano-Titandioxid biologisch sehr aktiv. Das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) und das Bundesumweltamt (UBA) kommen in einer Studie 2010 zu dem Schluss, dass Nano-Titandioxid möglicherweise krebserregend ist, wenn es eingeatmet wird. Der Krebs entsteht vermutlich durch oxidativen Stress aufgrund chronischer Entzündungsprozesse. Eine Übertragung der Ergebnisse aus Tierversuchen auf den Menschen ist jedoch noch nicht

möglich. Ebenso ist die Frage offen, ob die Ergebnisse auch auf Nano-Titandioxid nach oraler Aufnahme zutreffen. Allerdings sind BfR und UBA der Ansicht, dass trotz der Unsicherheiten die Hinweise auf krebserregende Potenziale ernst zu nehmen sind. (BfR/UBA 2010).

Herkömmliches, d.h. nicht nanoskaliges Titandioxid wird von der International Agency for Research on Cancer (IARC) als möglicherweise krebserregend für den Menschen (Gruppe 2B) eingestuft (IARC 2010). Auch eine Studie US-amerikanischer Forscher kam 2009 zu dem Ergebnis, dass Nano-Titandioxid Schäden am Erbgut verursachen und damit die Entstehung von Krebs begünstigen kann. Nano-Titandioxid reichert sich in verschiedenen Organen an und verteilt sich überall im Körper. Nano-Titandioxid hat in Versuchen mit Mäusen Schäden an DNA und Chromosomen verursacht und Entzündungen hervorgerufen. Alle drei Aspekte erhöhen das Risiko an Krebs zu erkranken (ChemEurope.com 2009). Japanische Forscher haben gezeigt, dass injizierte  $\text{TiO}_2$ -Nanopartikel in Größen von 70 und 35 nm Schwangerschaftskomplikationen bei Mäusen auslösen können. Der Stoff wurde in der Plazenta sowie in der Leber und dem Gehirn des Fötus gefunden (Yamashita, Kohei et al. 2011). Eine Studie an trächtigen Mäusen zeigte bei Gabe sehr hoher Dosen von Nano- $\text{TiO}_2$  mit dem Trinkwasser, Schäden an der DNA bei den Nachkommen und oxidativen Stress (Trouiller 2009). Die Universität Osnabrück berichtet Untersuchungen bei Mäusen. Titandioxid wurde von der Mutter auf den Embryo weitergegeben und verursachte Schädigungen des Hirns und des Nervensystems. Männliche Nachkommen hatten eine reduzierte Spermienproduktion. (Universität Osnabrück 2015).

Nano-Titandioxid kann schon in geringen Konzentrationen oxidativen Stress verursachen, dies zeigen sowohl In-vivo- wie In-vitro-Versuche (SRU 2011). Japanische Wissenschaftler berichteten 2009, dass sich Nano-Titandioxidpartikel negativ auf die Entwicklung des Gehirns ungeborenen Lebens auswirken könnten. Konkret störten sie laut den Wissenschaftlern die Umsetzung von Erbgutinformationen in Proteine, wenn die Muttertiere 25–70 nm großen  $\text{TiO}_2$  Nanopartikeln ausgesetzt waren (Shimizu 2009).

Ein wissenschaftlicher Ausschuss der EU-Kommission schätzte – auf Grundlage der begrenzten Datenlage – die akute Toxizität nach oraler Aufnahme als gering ein (SCCS 2013). Im Rahmen des fortlaufenden Aktionsplans der Gemeinschaft (CoRAP) der Europäischen Chemikalienagentur sollen die Eigenschaften von Nano-Titandioxid 2015 bewertet werden.

Die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit nennt in dem Bericht „Inventory of Nanotechnology Applications“ 2014 zwei Untersuchungen, in denen Aussagen über die Auswirkungen von Nano-TiO<sub>2</sub> bei oraler Aufnahme gemacht werden. Beide kommen zu dem Ergebnis, dass keine abschließenden Aussagen über Nano-TiO<sub>2</sub> gemacht werden können und weitere Untersuchungen notwendig sind (EFSA 2014).

#### **Nano-Zinkoxid**

2006 berichteten Wissenschaftler, dass Nanopartikel und Partikel von wenigen hundert Nanometern aus Zink schwere Organschäden und Blutarmut bei Mäusen verursachen können (Wang et al. 2006). Nach Aussage der Universität Osnabrück schädigten Nano-Zinkoxidpartikel bei Fütterungsversuchen Leber, Milz und Bauspeicheldrüse bei Mäusen. Sie wirken zudem bereits in sehr niedrigen Mengen giftig auf Zellkulturen von Menschen. Untersuchungen zeigten, dass Nano-Zinkoxid Schäden am menschlichen Erbgut verursachen kann. Diese können zur Entstehung von Krebs beitragen (Universität Osnabrück 2015).

In einer Stellungnahme hat die EU-Kommission 2012 Nano-Zinkoxid für den Einsatz in Sonnencremes bewertet. Danach wird Nano-Zinkoxid für die Anwendung auf der Haut als sicher angesehen. Es würden zwar in geringen Mengen Nano-Ionen über die Haut aufgenommen, nicht aber Nanopartikel. Nano-Ionen würden auch aufgenommen, wenn Sonnencreme versehentlich verschluckt würde. In beiden Fällen erwartet die EU-Kommission keine gesundheitlichen Auswirkungen von Nano-Zinkoxid (EU Kommission 2013 IV).

#### **Nano-Kupfer**

Kupfer wird in Nahrungsergänzungsmitteln angeboten. Es gibt bereits Belege für schädliche Wirkungen von Nano-Kupfer (aid 2011). Das Bundesinstitut für Risikobewertung hat einen Vergleich der akuten Toxizität von Mikro- und Nano-Kupfer durchgeführt. Im Versuch mit Mäusen wurde bei Mikro-Kupfer keine negativen Auswirkungen festgestellt. Nano-Kupfer wies schädliche Wirkungen auf Niere, Milz und Leber auf (BfR 2012 III).

#### **Nahrungsergänzungsmittel können Gesundheitsprobleme verursachen**

Nahrungsergänzungsmittel – in Makro-Größe oder Nano-Größe – können dazu führen, dass Menschen zu hohe Mengen Vitamine und Mineralien aufnehmen. Dies kann gesundheitsschädlich sein. Die stärkere Wirksamkeit von Nano-Stoffen kann dies möglicherweise noch verstärken.

Schon 2005 hatte das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) durch eine umfassende gesundheitliche Bewertung zu Nutzen und Risiken von Vitaminen und Mineralstoffen festgestellt, dass eine Überversorgung mit gesundheitlichen Risiken verbunden sein kann. So kann z.B. zu viel Vitamin A im ersten Drittel der Schwangerschaft fruchtschädigend wirken (BfR 2005). Der übermäßige Konsum von Vitamin A kann zu Skelettveränderungen und Knochenbrüchen führen (Downs 2003), der überhöhte Konsum von Vitamin B6 zu Nervenstörungen mit Schmerzen, Taubheit und Schwäche der Extremitäten, sowie ein Übermaß an Folsäure zu Lähmungserscheinungen (U.S. IOM 1998). Auch Überdosen an Kalzium können möglicherweise schädlich sein (EFSA 2011).

Außerdem kann die übermäßige Aufnahme von Vitaminen und Nährstoffen auch die Aufnahme anderer Nährstoffe beeinflussen. Der Leiter der nanotechnologischen Forschungsgruppe am United Kingdom's Central Science Labor warnt vor unvorhersehbaren Auswirkungen von Nanopartikeln und nanoverkapselten Zusatzstoffen: „Sie können schneller aufgenommen werden als erwünscht oder die Aufnahme anderer Nährstoffe beeinflussen. Wir wissen bisher sehr wenig, wenn überhaupt etwas.“ (Parry 2006).

### **Arbeitsschutz – eine dringende Angelegenheit**

Noch immer ist der Arbeitsschutz nur unzureichend geregelt, obwohl immer mehr Arbeiter mit Nanomaterialien in Kontakt kommen. Unternehmen in 30 Ländern produzieren Nano-Produkte. 300.000 bis 400.000 Arbeiter kommen direkt mit synthetischen Nanomaterialien in Kontakt. 75 Prozent der Unternehmen sind kleine und mittlere Unternehmen, so die Europäische Agentur für Sicherheit und Gesundheitsschutz (EU OSHA), 75 Prozent der Arbeiter wissen nicht, dass sie mit Nanomaterialien arbeiten (OHS 2012). In Deutschland waren 2011 nach Angaben des Vereins Deutscher Ingenieure (VDI) rund 960 Unternehmen (über 200 mehr als 2009) in der Nanotechnologie tätig. Die Beschäftigtenzahl im industriellen Nanotechnologiesektor ist danach im Jahr 2011 auf etwa 64 000 Mitarbeiter gestiegen (Bundesregierung 2012).

Im Lebensmittelbereich kommen Arbeiter bei der Herstellung, Verpackung, dem Transport und der Abfallentsorgung von Lebensmitteln und Agrochemikalien mit synthetischen Nanomaterialien in Berührung. Bis heute gibt es keine ausreichenden Daten zur Belastung von Arbeitern durch Nanomaterialien. So sieht auch die Nano-Kommission der Bundesregierung weiterhin Handlungsbedarf bei der Weiterentwicklung von Messverfahren und dem Aufbau von spezifischen Belastungsdaten, um ein Risiko am Arbeitsplatz einschätzen zu können (Nano-Kommission 2011). Spezielle arbeitsschutzrechtliche Regelungen für den Umgang mit Nanopartikeln gibt es bisher jedoch nicht (BAuA 2013).

Das Einatmen von Nanomaterialien stellt für Arbeitnehmer nach derzeitigem Kenntnisstand das größte Risiko dar. Die Nano-Kommission der Bundesregierung forderte, dass für Nano-Stäube die Einführungen von Grenzwerten geprüft werden soll (Nano-Kommission 2011). 2009 erkrankten sieben Arbeiterinnen einer chinesischen Fabrik. Sie hatten Nano-Farben auf Kunststoffplatten gesprüht. Sie erkrankten an Lungenfibrose, einige starben. Chinesische Wissenschaftler untersuchten die Lungen der Arbeiterinnen und fanden Nanopartikel in den Zellen. Sie kamen zum Schluss, dass „eine langfristige Exposition durch manche Nanopartikel ohne Schutzmaßnahmen ernsthafte Schäden an der Lunge verursachen kann“ (ETC 2010).

Es kann aber auch nicht ausgeschlossen werden, dass Nanomaterialien am Arbeitsplatz über die Haut aufgenommen werden und zu Gefährdungen führen (BAuA 2012). Es gibt bereits Studien, die zeigen, dass einige Nanomaterialien durch die Haut in den Körper eindringen können (Ryman-Rasmussen et al. 2006), besonders dann, wenn die Haut angespannt wird (Rouse et al. 2007; Tinkle et al. 2003) oder mit Tensiden in Berührung kommt (Monteiro-Riviere et al. 2006), wie dies an vielen Arbeitsplätzen der Fall ist. Zudem können Nanopartikel und selbst kleine Mikropartikel durch Verletzungen der Haut in den Körper gelangen (Oberdörster et al. 2005).

Arbeitnehmer und Arbeitnehmerinnen wollen besser geschützt werden: Bereits 2007 forderte die internationale Vereinigung der Lebensmittel-, Landwirtschafts- und HotelarbeiterInnen (IUF) ein zeitweiliges Anwendungsverbot der kommerziellen Nutzung von Nanomaterialien in Lebensmitteln und in der Landwirtschaft. Auch der Europäische Gewerkschaftsbund (ETUC) fordert die Anwendung des Vorsorgeprinzips (ETC Group 2010).

### **Gesundheitsrisiken durch Agrochemikalien**

Es besteht die Gefahr, dass konventionelle Pestizide, die nun mit Nano-Rezepturen entwickelt werden, reaktiver und bioaktiver sind. Damit könnte auch das Risiko für die menschliche Gesundheit höher sein.

Bei Landwirten und deren Familien wurden bereits durch herkömmliche Agrochemikalien erhöhte Krebsraten sowie Fruchtbarkeitsstörungen festgestellt (Davidson und Knapp 2007; Hanazato 2001; Relyea und Hoverman 2006). Daten zu Pestiziden mit Nanomaterialien sind kaum vorhanden. Viele herkömmliche und zum Teil gesundheitsgefährdende Pestizide lassen sich als Rückstände in Lebensmitteln wie Obst und Gemüse nachweisen. Werden nun Pestizide mit Nanomaterialien eingesetzt, werden diese früher oder später auch in Lebensmitteln zu finden sein. Welche Auswirkungen damit verbunden sind, ist offen.

## 7. Risiken für die Umwelt

Seit der Veröffentlichung der BUND-Studie 2008 gibt es zwar neue Erkenntnisse über die Umweltrisiken durch Nanomaterialien, doch die Datenlage ist noch immer völlig unzureichend, um die Freisetzung von Nanomaterialien und von ihnen ausgehende Gefahren zu beurteilen. Die britische Royal Commission on Environmental Pollution stellte 2008 fest, dass „Studien zum Verhalten und zu Effekten von Nanopartikeln und Nanoröhrchen in der Umwelt in den Kinderschuhen stecken“ (RCEP 2008). Daran hat sich wenig geändert. Dennoch geben die wenigen vorliegenden Studien Anlass zu Sorge. Das Umweltbundesamt fordert daher, die „Anwendung von Produkten, die Nanomaterialien frei setzen können, so lange zu minimieren oder zu vermeiden, bis durch eine umfassende Risikobewertung eine Besorgnis ausgeschlossen werden kann“ (UBA 2009).

### Risiken durch verschiedene Stoffe

Die Anwendung von Nano-Produkten führt schon jetzt dazu, dass Nanomaterialien in die Umwelt gelangen. Dies wird zukünftig mit steigender Anzahl an Nano-Produkten weiter zunehmen. Abfälle und Abwässer aus der Produktion, Abnutzungen durch den Gebrauch, sowie Entsorgung und Recycling können zur Freisetzung von Nanomaterialien führen. Durch Pestizide oder Dünger werden sie sogar gezielt in die Umwelt ausgebracht.

Für Nano-Silber wird geschätzt, dass etwa ein Drittel der eingesetzten Menge letztlich in die Umwelt gelangt (Luoma 2008). Dies geschieht auch über Kläranlagen. Untersuchungen für Nano-Titandioxid und Nano-Silber zeigen, dass etwa 5-10 Prozent der Stoffe mit dem gereinigten Wasser in die Umwelt gelangen. 90-95 Prozent werden im Klärschlamm zurückgehalten. In Deutschland ist es jedoch gängige Praxis, Klärschlämme auf Böden auszubringen. Auch so gelangen die Nano-Stoffe daher wieder in die Umwelt (SRU 2011). Es ist zu befürchten, dass dadurch die Funktionsweise von nützlichen Bakterien in Böden gestört wird. So könnten antibakterielle Nano-Stoffe die Symbiose von Pflanzen mit stickstofffixierenden Bakterien beeinflussen (Oberdörster et al. 2005) und den Stickstoffhaushalt (Nitrifizierung und Denitrifizierung) in Süß- und Salzwasermilieus aus dem Gleichgewicht bringen (Throback et al. 2007). Jede ernsthafte Störung der Nitrifizierung, Denitrifizierung oder stickstoffbindender Prozesse könnte negative Auswirkungen auf das Funktionieren ganzer Ökosysteme haben.

Offensichtlich hängt die Menge der freigesetzten Nano-Stoffe auch von ihrer Anhaftungsstärke auf Materialien ab. In einer Studie der Universität Koblenz-Landau wurde die Anhaftung von Nano-Silberoxid und Nano-Titandioxid auf Pflanzenblättern, organischen und anorganischen Modellflächen sowie Daphnien (Krebstieren) untersucht (Schaumann et al. 2012). Es gibt Hinweise, dass bestimmte Nanostrukturen wie Kohlenstoff-Nanoröhrchen sehr langlebig sind. Einige Nanomaterialien sind sowohl langlebig als auch wasserlöslich, was eine wesentliche Voraussetzung für die Wahrscheinlichkeit ist, sich auch in der Nahrungskette anzureichern (SRU 2011). Dass Nanomaterialien von Pflanzen und Wasserorganismen aufgenommen werden, konnte bereits in Studien gezeigt werden (EFSA 2009). Eine weitere Studie zeigt, dass sich Nanomaterialien bei Wasserorganismen in verschiedenen Organen anreichern und auch die Blut-Hirn-Schranke überwinden können (UBA 2009).

Einige Studien belegen, dass Nanomaterialien im Wasser zu einer stärkeren Anreicherung von Schadstoffen führen können. Da Nanomaterialien in Zellen eindringen können, können mit ihnen auch Schadstoffe in Organismen an Stellen gelangen, die sie bisher nicht erreichen konnten (SRU 2011). „Huckepack“ können so auch gefährliche Dioxine in tiefere Bodenschichten gelangen. Sie sind so gut wie wasserunlöslich und gelangen normalerweise nicht tiefer als 10 cm in den Boden. Gemeinsam mit Nanomaterialien können sie aber auch 20 m tiefe Bodenschichten erreichen (LUBW 2010). Auch das Umweltbundesamt (UBA) stellt fest, dass Nanomaterialien einen signifikanten Einfluss auf das Verhalten wichtiger Schadstoffe in der Umwelt haben können. In einem Test wurde untersucht, welchen Einfluss Nano-Titandioxid auf die Mobilität von Kupfer und Thrichlocaban im Boden hat. Bei beiden Stoffen wurde eine reduzierte Mobilität festgestellt. Dies könnte zu einer Anreicherung dieser Schadstoffe in oberen Bodenschichten führen und Bodenlebewesen schädigen (UBA 2013 II)

Tests des UBA haben gezeigt, dass Nano-Titandioxid sowohl im Boden als auch in der Kläranlage vorhanden bleibt. Es scheint, als würde der Stoff durch den Klärschlamm und die Bodenbeschaffenheit immobilisiert (UBA 2012 II). Dies könnte dazu führen, dass sich Nano-TiO<sub>2</sub> im Boden anreichert.

Es ist zudem fraglich, wie Verpackungen mit Nanomaterialien recycelt oder entsorgt werden können. Möglicherweise sind die Materialien nicht abbaubar und langlebig in der Umwelt. Da Abfall auch in so genannte Entwicklungsländer exportiert wird, bereitet diese Frage dort besondere Sorge (FAO/WHO 2012).

Offen ist auch die Frage, wie sich Nano-Titandioxid in der Nahrungskette verhält. Werden die Partikel weitergegeben von Tier zu Tier oder von Pflanze zu Tier bis zum Menschen? Eine Untersuchung an Daphnien (Krebstiere) zeigt, dass dies möglicherweise geschehen kann. Die Daphnien erhielten Nano-Titandioxid mit dem Futter. Dann wurden sie von Zebrafischen gefressen. Auch in den Zebrafischen konnte Nano-Titandioxid nachgewiesen werden (ITA 2012 III).

#### **Risiken durch Nano-Silber**

Untersuchungen zur Giftigkeit von Silber in Makro-Form zeigen negative Umweltauswirkungen: Silber ist langlebig und kann sich in der Nahrungskette anreichern. Es ist, nach Quecksilber, das giftigste Schwermetall für tierische und pflanzliche Wasserlebewesen. Silber wirkt in sehr niedrigen Konzentrationen giftig auf Fische und Krebse sowie auf Algen und weitere Wasserpflanzen. Auch Bodenbakterien reagieren sehr empfindlich auf Silber (UBA 2008).

Die Untersuchungsergebnisse zu Makro-Silber sind jedoch nur bedingt auf Nano-Silber übertragbar. Zu Nano-Silber liegen nur wenige Untersuchungen vor. Diese lassen allerdings vermuten, dass Nano-Silber noch schädlicher für die Umwelt ist als Silber in Makro-Form. Dies konnte unter anderem mit einer Studie an Daphnien gezeigt werden. Bezogen auf die eingesetzte Menge war die Giftigkeit von Nano-Silber deutlich höher als die Giftigkeit von Makro-Silber (Gaiser 2008). Eine andere Studie zeigt, dass die Belastung mit nanoskaligem Silber bei Wasserflöhen zu einer höheren Sterblichkeitsrate führt als die Belastung mit mikroskaligem Silber bei gleicher Konzentration. Zudem gibt es vergleichende Studien an Algen, Daphnien und Fischen. Nano-Silber wurde, neben Makro-Silber, Kupfer, Aluminium, Nickel und Kobalt eingesetzt. Nach 48 Stunden zeigte Nano-Silber im Vergleich zu den anderen Metallen die höchste Giftigkeit (Luoma 2008; UBA 2009).

Auch Untersuchungen an Embryonen von Zebrafischen und Forellen wiesen negative Effekte von Nano-Silber nach. Aus der Gruppe untersuchter Wasserorganismen zeigen sich außerdem die Eier, Embryonen und Larvenstadien von Muscheln, Schnecken und Seeigeln als besonders empfindlich (Griffitt et al. 2008; UBA 2009).

Ein weiteres Problem sind die möglichen negativen Auswirkungen von Nano-Silber auf Bodenorganismen. Ihre Schädigung könnte die Bodenbiologie und die Funktion von Bodenorganismen im Nährstoffkreislauf stören. Durch Nano-Silber könnte außerdem der natürliche Stickstoffhaushalt beeinträchtigt werden, was vor allem im Grund- und Oberflächenwasser zu einem zu hohen Nährstoffangebot (Eutrophierung) führen würde. Die Auswirkungen von Nano-Silber auf das Wachstum und die Anreicherungsvorgänge in Nutzpflanzen sowie die Folgen für die Nahrungskette sind nicht bekannt. (Senjen 2007)

#### **Risiken durch Nano-Titandioxid**

Weltweit ist Nano-Titandioxid das am häufigsten eingesetzte Nanomaterial, nicht nur in Lebensmitteln und Lebensmittelverpackungen, sondern vor allem in Kosmetika, Plastik und Sonnenschutzcremes. Die jährliche Produktion von Titandioxid lag 2012 bei 5,1 Millionen Tonnen, davon 1,4 Millionen in der EU (The Essential Chemical Industrie 2013). In 2010 wurden ca. 50.000 Tonnen Nano-Titandioxid hergestellt (Weir et al. 2012; Nanowerk 2012). Titandioxid-Nanomaterialien könnten über Lebensmittel, Konsumprodukte oder Haushaltsgeräte in die Umwelt, in Kläranlagen und von dort in die Umwelt gelangen. US-Wissenschaftler zeigten, dass 4–30 nm große Nano-Titandioxid-Partikel immer noch im Abwasser von Kläranlagen zu finden sind. Diese werden dann in die Umwelt ausgebracht (Weir et al. 2012).

Nano-Titandioxid ist insbesondere nach Einwirkung von UV-Licht giftig für Algen und Wasserflöhe, die als ökologische Indikatoren in der Umweltgesetzgebung verwendet werden (Hund-Rinke et al. 2006; Lovorn et al. 2006). So können bereits relativ niedrige Konzentrationen von Nano-Titandioxid im Wasser bei Wasserflöhen tödlich wirken (UBA 2009). Wissenschaftler der Universität Koblenz-Landau stellten in Untersuchungen 2012 an Nachkommen von Wasserflöhen fest, dass diese eine höhere Empfindlichkeit als die Elterntiere gegenüber

Nano-Titandioxid besitzen, obwohl sie selbst nicht dem Nano-Stoff ausgesetzt waren. Bei den Elterntieren wurden keine Auswirkungen beobachtet. Je nach Dosierung der Nanopartikel sind die Nachkommen zwei- bis fünfmal empfindlicher gegenüber Nano-Titandioxid als unbehandelte Wasserflöhe (Universität Koblenz Landau 2012; Bundschu 2012). Eine weitere Studie zum Verhalten von Nano-Titandioxid in Fließgewässern zeigte signifikante Schäden an Mikroorganismen. Die negativen Auswirkungen wurden sowohl durch Titandioxid-Nanopartikel als auch durch größere Agglomerate ausgelöst. Die mikrobiellen Gemeinschaften reagieren, nach Meinung der Autoren, sehr empfindlich auf Nanomaterialien, die in der Umwelt zu erwarten sind. Die daraus resultierenden Auswirkungen für die Ökosysteme sind derzeit unbekannt (Battin et al. 2009). Auch auf Bodenorganismen kann Nano-Titandioxid einen Einfluss haben und dort das mikrobielle Wachstum reduzieren (LUBW 2010). Zudem zeigen Studien unter anderem Veränderungen bei Asseln (UBA 2009).

Besonderer Bedarf besteht nach Aussagen des Umweltbundesamtes in der Erforschung der Wirkungen von Nanopartikeln auf andere Wirbeltiere, Wirbellose und auch Pflanzen (UBA 2009).

#### **Risiken durch Nano-Zinkoxid**

Auch Nano-Zinkoxid wirkt auf Wasserorganismen giftig. Die beobachteten Effekte reichen von oxidativem Stress bis hin zu Störungen in der Entwicklung (SRU 2011). Welche Mengen Nano-Siliziumdioxid in die Umwelt gelangen, ist nicht bekannt. Da der Stoff aber nicht nur im Lebensmittelbereich eingesetzt wird, ist es dringend erforderlich, Untersuchungen durchzuführen. Studien zu den Gefahren durch Nano-Siliziumdioxid für die Umwelt liegen kaum vor. Bei Kurzzeittests zeigte sich nur eine geringe Giftigkeit für Wasserorganismen (SRU 2011).

#### **Risiken durch Nano-Pestizide**

Der Einsatz von Nano-Pestiziden birgt besondere Risiken, da mit ihnen zukünftig Nanomaterialien in großen Mengen bewusst in die Umwelt ausgebracht werden könnten. Nano-Pestizide besitzen eine stärkere Wirksamkeit als herkömmliche Stoffe, dies macht sie auch gefährlicher. Nano-Pestizide können Böden und Gewässer durch verbesserten Transport von Schadstoffen, längere Lebensdauer und die höhere Toxizität auf neue Art verunreinigen. Herkömmliche Agrochemikalien wie

Pestizide, Dünger und Saatgutbehandlungsmittel haben zur Boden- und Wasserverschmutzung beigetragen, erhebliche Störungen dieser Ökosysteme verursacht und zum Verlust der Artenvielfalt geführt (Beane Freeman et al. 2005; Petrelli et al. 2000; van Balen et al. 2006). Es ist zu befürchten, dass dieser Prozess durch Nano-Pestizide nicht verlangsamt wird, wie Pestizid-Hersteller werben, sondern er weiter verschärft wird.

Ein Mittel zur Saatgutbeize mit Nano-Silber wurde von Wissenschaftlern der Universität Hohenheim bereits 2007 in Deutschland identifiziert. Dabei ist das Nano-Silber auf dem Saatgut nicht fest gebunden und kann in die Umwelt gelangen (BUND 2009).

Österreichische Wissenschaftler fordern eine Minimierung der Freisetzung von Nano-Pestiziden, da sie giftiger als herkömmliche Stoffe sein und Nano-Kapseln mit den verpackten Wirkstoffen in Böden und Grundwasser gelangen könnten (Hofmann, Kah 2012).

#### **Perspektiven**

Zu einer Zeit, in der wir uns stärker vom Chemikalieneinsatz in der Landwirtschaft entfernen sollten, könnte die Nanotechnologie die Abhängigkeit von einer industriellen Landwirtschaft auf Basis fossiler Energieträger sogar noch verstärken. Die Anwendung der Nanotechnologie in der Landwirtschaft tritt damit in Konkurrenz zu alternativen Formen des Landbaus, wie z.B. der ökologischen Landwirtschaft, die vielerlei Vorteile für die Umwelt mit sich bringt.

Auch wird die Nanotechnologie vermutlich den Trend zu immer größeren Massenbetrieben und die Konzentration auf die Produktion weniger, spezialisierter Pflanzen verstärken (ETC Group 2004; Scrinis und Lyons 2007). Dies wird vermutlich zu einem weiteren Verlust der landwirtschaftlichen und ökologischen Vielfalt führen.

Die Möglichkeit, durch nanoverstärkte Biokunststoffe die Abhängigkeit von Plastikverpackungen zu reduzieren, wird von manchen als Chance für die Umwelt bewertet, denn diese machen ca. 20 Prozent der weltweiten Plastikproduktion aus (Technical University of Denmark 2007). Es gibt jedoch noch keine Untersuchungen über mögliche Umweltrisiken der einge-

setzten Nano-Füllstoffe, wenn diese durch die Zersetzung der Biokunststoffe in die Umwelt gelangen. Und letztlich könnten Verpackungen mit Nanosensoren und solche, die gezielt Nanomaterialien freisetzen, den allgemeinen Verbrauch an Verpackungsmaterial noch erhöhen, da sie die Verpackung einzelner Lebensmittel, wie Obst oder Gemüse, fördern.

Bislang gibt es noch keine Ökobilanzen, die den Energieverbrauch für Herstellung, Verpackung und Transport von Nano-Lebensmitteln mit dem für herkömmliche Lebensmittel vergleichen. Es scheint aber wahrscheinlich, dass die Anwendung der Nanotechnologie in der Lebensmittelproduktion und dem Verpackungssektor insgesamt zu einem größeren ökologischen Fußabdruck führen wird. Die Verlängerung der Haltbarkeit von Produkten durch Nano-Verpackungen wird Hersteller ermutigen, ihre Waren über noch weitere Entfernungen zu transportieren, was zu einem Anstieg von Treibhausgasemissionen führen wird. Wenn die Nanotechnologie dazu führt, dass die Menschen mehr verarbeitete Lebensmittel und weniger Obst und Gemüse zu sich nehmen, könnte auch dies den Energiebedarf in der Lebensmittelherstellung vergrößern.

## 8. Gesetzliche Regelungen in der EU und in Deutschland

Bei Erscheinen des ersten BUND-Berichts zu Nanomaterialien im Lebensmittelsektor 2008 gab es noch keine nanospezifischen Regulierungen in der EU. Mittlerweile wurden erste EU-Gesetze verabschiedet, die Nanomaterialien in Lebensmitteln und Verpackungen berücksichtigen. Dazu zählen die EU-Verordnung über Lebensmittelzusatzstoffe ((EG) Nr. 1333/2008), die EU-Verordnung zur Information der Verbraucher über Lebensmittel ((EU) Nr. 1169/2011), die Kunststoffverordnung ((EU) Nr. 10/2011) und die Verordnung über neuartige Lebensmittel ((EU) 2015/2283). Andere wichtige Gesetze wurden noch nicht überarbeitet – dazu zählt insbesondere das EU-Chemikaliengesetz REACH – oder enthalten trotz Überarbeitung keine speziellen Regelungen für Nanomaterialien, wie die Pestizid-Verordnung ((EG) Nr. 1107/2009).

Grundsätzlich bestehen Schwierigkeiten hinsichtlich der Umsetzung der Gesetze, die Nanomaterialien berücksichtigen. Noch immer gibt es keine allgemein anerkannte Definition von Nanomaterialien (dazu mehr im nächsten Abschnitt). Zudem kritisieren beispielsweise die deutschen Behörden Umweltbundesamt (UBA), Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) und Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), „dass bisher noch keine allgemein anerkannten, standardisierten Methoden zur Verfügung stehen, um die notwendigen Parameter zu bestimmen; dies könnte z.B. zu Problemen im Vollzug führen.“ (UBA, BfR, BAuA 2013).

Weiterhin gibt es eine Diskussion, ob ein gesondertes „Nanogesetz“ sinnvoll sein könnte. In diesem könnten übergeordnete Fragen wie die Definition von Nanomaterialien festgelegt werden. Der BUND hat 2012 einen Vorschlag für eine neue, horizontale EU-Verordnung vorgelegt (BUND et al. 2012).

Wissenschaftler der Universität Wien fordern ebenso wie das deutsche Umweltbundesamt die Anwendung des Vorsorgeprinzips bei Nanomaterialien. Die Freisetzung von Nanopartikeln sollte solange minimiert werden, bis Verhalten und Toxizität dieser Materialien wissenschaftlich besser erforscht seien (UBA 2009; Hofmann, Kah 2012). Auch der Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) spricht sich bei Nanomaterialien dafür aus, das Vorsorgeprinzip stärker zu berücksichtigen (SRU 2011). Die Bundesregierung sieht jedoch keine rechtlichen Möglichkeiten auf Grundlage des Vorsorgeprinzips vorläufige Verbote

von bestimmten Nano-Produkten in verbrauchernahen Bereichen wie Nano-Silber, Nano-Titan oder Kohlenstoffnanoröhren auszusprechen. Verbote seien nur dann gerechtfertigt, wenn drei Voraussetzungen erfüllt seien: die Ermittlung der möglichen negativen Folgen, die Bewertung der verfügbaren wissenschaftlichen Daten und die Bewertung des Grades der wissenschaftlichen Unsicherheit. Dies sei nicht der Fall (Bundesregierung 2012). Angesichts der Vielzahl offener Fragen, Regelungslücken und sich abzeichnender Risiken, sollte die Anwendung des Vorsorgeprinzips erneut geprüft werden.

Zudem ist die Frage wie gesetzliche Regelungen weitere Entwicklungen der Nanotechnologie im Lebensmittelbereich wie die synthetische Biologie berücksichtigen sollen. Mit der synthetischen Biologie soll künstliches Leben geschaffen werden, mit dem Ziel, es industriell zu nutzen. Die Methoden ähneln denen der Gentechnik, die bereits im großen Maße in der Landwirtschaft eingesetzt wird. Aber bei der synthetischen Biologie werden nicht nur Gene, die in der Natur bereits vorhanden sind, in andere Organismen eingebaut, es werden auch komplett neue Gene am Computer geschrieben. Das britische Center for Business Relationships, Accountability, Sustainability and Society (BRASS) geht davon aus, dass die heutigen Gesetze für spätere Generationen von Nanomaterialien nicht einfach angepasst werden können (House of Lords 2010).

### Die Debatte um die richtige Definition

Mit der zunehmenden Anzahl an Anwendungsmöglichkeiten im Nano-Bereich steigt die Dringlichkeit, nanospezifische Vorgaben in Gesetze zu integrieren. Dazu ist eine Definition von Nanomaterialien erforderlich. Erst dann kann in Fachgesetzen festgelegt werden, dass für Nanomaterialien eine spezielle Risikobewertung durchgeführt werden muss oder welche Produkte als „nano“ gekennzeichnet werden sollen. Die Diskussionen über eine Definition von Nanomaterialien sind noch im vollen Gange.

Mittlerweile gibt es jedoch erste EU-Gesetze im Lebensmittelbereich, in denen Nanomaterialien definiert wurden: in der EU-Verordnung zur Information der Verbraucher über Lebensmittel, in der EU-Verordnung über neuartige Lebensmittel und in der EU Verordnung über Biozidprodukte.

Die Definition der EU-Kennzeichnungs-Verordnung und der Verordnung zu neuartigen Lebensmitteln sind in den entsprechenden folgenden Kapiteln erläutert. Zudem gibt es mehrere vorläufige Definitionen und Empfehlungen.

Seit 2013 muss die neue Biozid-Verordnung angewendet werden. Hier werden Nanomaterialien definiert als natürliche oder hergestellte Materialien, die Partikel in ungebundenem Zustand, als Aggregat oder als Agglomerat enthalten und bei denen mindestens 50 Prozent der Partikel in der Anzahlgrößenverteilung ein oder mehrere Außenmaße im Bereich von 1 nm bis 100 nm haben. EU-Parlament und Rat 2012). Diese Definition entspricht derzeit am ehesten der von der Europäischen Kommission 2011 veröffentlichten Empfehlung für eine Definition von Nanomaterialien der EU-Kennzeichnungs-Verordnung ist in dem entsprechenden Kapitel erläutert.

Die meisten Definitionen beziehen sich auf einen Größenbereich von 1–100 nm, allerdings werden zum Teil auch größere Partikel berücksichtigt, wenn sie nanospezifische Eigenschaften aufweisen.

Die ISO (Internationale Organisation für Normung) hat 2010 eine Definition von Nanomaterialien veröffentlicht. Danach werden diese als „künstlich hergestellte Materialien mit einer externen oder einer internen Dimension oder einer Oberflächenstruktur in Nano-Größe bezeichnet“. Als Nano-Größe wird der Bereich von ungefähr 1–100 nm festgelegt (ISO 2008 und 2010). Durch die Bezeichnung interne Struktur werden auch Nanomaterialien mit einbezogen, die aus Materialien in Nano-Größe und Makro-Größe bestehen wie Nanokomposite. Von der OECD (Internationale Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung) wurden Nanomaterialien vorläufig definiert als „künstlich hergestellte Materialien typischerweise mit einer Größe von 1–100 nm, die produziert wurden, um spezielle Eigenschaften zu besitzen“ (OECD ohne Datum).

Für europäische Gesetzgebungen ist vor allem die von der Europäischen Kommission 2011 veröffentlichte Empfehlung für eine Definition von Nanomaterialien wichtig. Ein Nanomaterial wird beschrieben als „ein natürliches, bei Prozessen anfallendes oder hergestelltes Material, das Partikel in ungebundenem Zustand, als Aggregat oder als Agglomerat enthält, und bei

dem mindestens 50 Prozent der Partikel in der Anzahlgrößenverteilung ein oder mehrere Außenmaße im Bereich von 1–100 nm haben.“ Einen niedrigeren Schwellenwert für die Anzahl der Partikel in Nanogröße sieht die Empfehlung nur vor, wenn dies mit Umwelt-, Gesundheits-, Sicherheits- oder Wettbewerbsbetrachtungen gerechtfertigt werden kann. Dann „kann der Schwellenwert von 50 Prozent für die Anzahlgrößenverteilung durch einen Schwellenwert zwischen 1 Prozent und 50 Prozent ersetzt werden“. (EU-Kommission 2011) Diese Empfehlung ist rechtlich nicht bindend, dient jedoch als Grundlage für neue Gesetzgebungen und Überarbeitungen von bestehenden Gesetzen. Die EU-Kommission überarbeitet ihre Definition aus 2011. Dabei steht auch der Schwellenwert von 50 Prozent für die Anzahlgrößenverteilung auf dem Prüfstand (EU-Kommission 2015).

Die Definition der EU-Kommission ist sehr eng gefasst. Sie berücksichtigt ausschließlich die Größe der Stoffe in einem sehr begrenzten Bereich. Damit ist die EU-Kommission dem wissenschaftlichen Joint Research Center (JRC) gefolgt, das aus pragmatischen Gründen empfiehlt, nur die Größe als Eigenschaft von Nanomaterialien in eine generelle Definition von Nanomaterialien mit einzubeziehen. Dies sei eindeutig und umsetzbar (JRC 2010).

Auch der Wissenschaftliche Ausschuss für neu auftretende und neu identifizierte Gesundheitsrisiken der Europäischen Kommission (SCENIHR) hält eine Definition auf Basis der Größe für die praktikabelste Möglichkeit, dabei sollte aber die Größenverteilung mit berücksichtigt werden. Der Ausschuss hatte vorgeschlagen, dass ein Material beispielsweise als Nanomaterial bezeichnet werden könnte, wenn gemäß der Anzahlgrößenverteilung mehr als 0,15 Prozent der zu berücksichtigenden Partikel kleiner als 100 nm sind. Zudem gibt der SCENIHR zu bedenken, dass es keine wissenschaftliche Grundlage für einen oberen Grenzwert von 100 nm gibt (SCENIHR 2010).

Die deutschen Bundesbehörden Umweltbundesamt (UBA), Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) und Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) begrüßen den Vorschlag der EU-Kommission zur Definition von Nanomaterialien, sehen jedoch Schwierigkeiten bei der Umsetzbarkeit auf Grund fehlender analytischer Methoden. (UBA, BfR, BAuA 2013)

### **BUND-Definition unter Berücksichtigung nanospezifischer Eigenschaften**

Der BUND hält den Vorschlag der EU-Kommission für nicht ausreichend, um alle Stoffe zu erfassen, die nanospezifische Eigenschaften aufweisen können. Dazu bedarf es einer weiter gefassten Definition.

Da auch Materialien größer 100 nm nanospezifische Eigenschaften aufweisen können und damit neue Risiken für Mensch und Umwelt besitzen (Garnett, Kallinteri 2006), beziehen verschiedene Organisationen die Eigenschaften in die Definition mit ein. Einige Beispiele:

Die britische Royal Commission on Environmental Pollution lehnt eine Definition ausschließlich über die Größe ab, da bei sehr verschiedenartigen Nanomaterialien die Funktionalität und ihr Verhalten ausschlaggebend seien (RCEP 2008). Die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) bezieht sich zwar vorwiegend auf Materialien mit einer Größe von 100 nm und darunter, es sollen aber auch größenabhängige Effekte über 100 nm einbezogen werden (EFSA 2009). Der wissenschaftlich technische Ausschuss des britischen Oberhauses definiert Nanomaterialien bis zu 1000 nm (1 Mikrometer), innerhalb derer die Eigenschaften von Materialien berücksichtigt werden sollen (House of Lords 2010).

Die US-amerikanische Lebensmittelbehörde (FDA) bezieht sich in erster Linie auf eine Definition von 1 – 100 nm. Es sollen jedoch auch größere Materialien untersucht werden, ob sie größenabhängige Eigenschaften besitzen (FDA 2014). Auch das kanadische Gesundheitsministerium (Health Canada) stellt in einer vorläufigen Definition fest, dass Nanomaterialien bis zu 100 nm groß seien, bezieht aber ebenfalls Materialien in anderer Größe mit ein, wenn sie eine oder mehrere nanospezifische Eigenschaften aufweisen (Health Canada 2011).

Der Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) 2011 veröffentlichte einen Vorschlag für eine übergreifende Definition für Nanomaterialien. Der SRU empfiehlt eine Größe von bis zu 300 nm (Primärteilchen) sowie Agglomerate und Aggregate der Primärpartikel ohne Größenbegrenzung zu berücksichtigen. Dies soll eine Rahmendefinition sein, die für spezielle Gesetze möglicherweise enger gefasst werden kann (SRU 2011).

Der BUND spricht sich gegen eine Begrenzung auf 100 Nanometer aus, da Partikel bis zu einer Größe von einigen Hundert Nanometern nanospezifische Eigenschaften aufweisen können. Partikel bis zu einer Größe von mindestens 300 Nanometern sollten deshalb als Nanopartikel behandelt werden. Gleiches gilt auch für Zusammenballungen von Nanopartikeln (Agglomerate und Aggregate), die eine Größe von 100 Nanometern überschreiten, da auch sie an ihrer Oberfläche häufig reaktive Einzelpartikel aufweisen.

Nanospezifische Eigenschaften müssen definiert werden. Bisher gibt es nur Ansätze für eine solche Definition:

Die EU-Verordnung zur Information der Verbraucher über Lebensmittel zählt zu diesen Eigenschaften solche, die im „Zusammenhang mit der großen spezifischen Oberfläche des betreffenden Materials stehen und/oder besondere physikalisch-chemische Eigenschaften, die sich von den Eigenschaften desselben Materials in nicht nanoskaliger Form unterscheiden“ (EU-Parlament und -Rat 2011). Eine Grundlage könnte auch eine vom SCENIHR verfasste Liste dienen, in der nanospezifische physikalische und chemische Eigenschaften aufgeführt werden (House of Lords 2010). In dieser Liste werden beispielsweise genannt: Größe, Form, Oberflächenbeschaffenheit, Agglomeration/Aggregation, Größenverteilung, Struktur, Löslichkeit, Verbindungen von Nanomaterialien, Oberflächenbeschaffenheit wie Ladung, Spannung, Reaktivität sowie Hydrophilie und Lipophilie (SCENIHR 2009).

### **Regelungen für Lebensmittel**

Der allgemeingültige Artikel der EU-Lebensmittelverordnung ((EG)178/2002) verlangt, dass alle Lebensmittel für den Konsum sicher sein müssen. Als ein übergeordneter Artikel gilt dieser auch für Nano-Lebensmittel. Die Verordnung ermöglicht Maßnahmen zum Risikomanagement nach dem Vorsorgeprinzip (EU-Parlament und -Rat 2002). Drei weitere europäische Gesetze sind wichtig im Lebensmittelbereich: die EU-Verordnung für neuartige Lebensmittel und die EU-Verordnung über Lebensmittelzusatzstoffe sowie die EU-Richtlinie über Nahrungsergänzungsmittel in Verbindung mit der deutschen Verordnung über Nahrungsergänzungsmittel. Lebensmittel und Nahrungsergänzungsmittel fallen in Deutschland zudem unter die Regelungen des Lebensmittel-, Bedarfsgegenstände- und Futtermittelgesetzbuches (LFGB). Dieses regelt auch die

Lebensmittelzusatzstoffe. Eine überarbeitete Fassung des LFGB trat im Juni 2013 in Kraft und schreibt – ähnlich wie die EU-Lebensmittelverordnung – allgemein vor, dass nur sichere Lebensmittel verkauft werden dürfen (BMJV 2013). Auf Nanomaterialien wird im Gesetz nicht eingegangen.

### **Kennzeichnung von Lebensmitteln mit Nanomaterialien**

Seit Dezember 2014 gilt die neue EU-Verordnung zur Information der Verbraucher über Lebensmittel verbindlich in allen EU-Staaten (Lebensmittel-Informationsverordnung LMIV –Verordnung (EU) Nr. 1169/2011) (EU Parlament und Rat 2011). Danach müssen alle „technisch hergestellten Nanomaterialien“ auf der Zutatenliste eines Lebensmittels (gilt auch für Getränke) mit dem Zusatz 'nano' gekennzeichnet werden. Weitere Informationen finden sich im BUND-Faltblatt „Nanomaterialien in Lebensmitteln“ (BUND 2015).

„Technisch hergestellte Nanomaterialien“ werden in der EU-Verordnung als absichtlich hergestellte Materialien definiert, die in einer „Größenordnung von 100 nm oder weniger“ vorliegen, sowie Agglomerate und Aggregate auch größer als 100 nm, wenn sie nanoskalige Eigenschaften aufweisen. Zu den durch die Nanoskaligkeit bedingten Eigenschaften gehören „diejenigen Eigenschaften, die im Zusammenhang mit der großen spezifischen Oberfläche des betreffenden Materials stehen, und/oder besondere physikalisch-chemische Eigenschaften, die sich von den Eigenschaften desselben Materials in nicht nanoskaliger Form unterscheiden. Für die Größenverteilung der Nanomaterialien gibt es keine genauen Angaben.

Der Begriff „technisch hergestellte Nanomaterialien“ sollte von der EU-Kommission bis Ende 2014 bereits näher definiert werden. Ein erster Vorschlag wurde vom Europäischen Parlament im März 2014 abgelehnt (MLR 2014), denn er hätte die Lage für VerbraucherInnen nicht verbessert: Die Kommission hatte vorgeschlagen, dass bereits zugelassene Zusatzstoffe nicht als „nano“ gekennzeichnet werden müssen (EU-Kommission 2013 V). Die Kommission berief sich auf ein Argument der Industrie-Lobby: Verbraucher sollten nicht dadurch verunsichert werden, dass bereits seit längerer Zeit eingesetzte Zusatzstoffe nun auf einmal gekennzeichnet würden. Bis ein neuer Vorschlag der EU-Kommission vorliegt und angenommen wurde, bleibt ungeklärt, von welchen Nanomaterialien in Lebensmitteln Verbrau-

cher künftig erfahren werden. Die Lebensmittelindustrie kennzeichnet auf Grund der Unklarheiten über die Definition bisher keine Produkte (Ökopool 2015).

„Technisch hergestellte Nanomaterialien“, die in Lebensmitteln eingesetzt werden (könnten), gehören zur Gruppe der Lebensmittelzusatzstoffe. Diese sind z. B.: Siliziumdioxid (E551), Titandioxid  $\text{TiO}_2$  (E171), Magnesiumsilikat (E553a), Eisenoxide und Eisenhydroxide (E172), Silber (E174), Gold (E175), Kalziumsilikat (E552), Talkum (E553 b). (MLR 2014). Für acht der über 300 zugelassenen Zusatzstoffe in der EU – unter ihnen die vermutlich bereits in Nanoform häufig eingesetzten Stoffe Siliziumdioxid und Titandioxid – wird derzeit überprüft, ob sie in Form von Nanopartikeln vorliegen (MLR 2014).

Seit September 2013 müssen nach der EU-Biozidverordnung ((EU) Nr. 528/2012) **Biozide**, die Nanomaterialien enthalten, gekennzeichnet werden. Dies trifft beispielsweise auch auf Reinigungsmittel zu. Eine Kennzeichnungspflicht gibt es seit Juli 2013 auch für **Kosmetika** ((EU)Nr. 1223/2009) mit Nanomaterialien. Allerdings ist die Definition von Nano-Produkten in beiden Verordnungen zu eng gefasst, so dass viele Produkte, die Nanomaterialien enthalten, weiterhin keine Kennzeichnung erhalten werden.

Der BUND hat dazu die Broschüren „Nanobiozide als Haushaltsgifte – die Kennzeichnung ist da!“ (BUND ohne Datum) und „Nanomaterialien in Kosmetika“ veröffentlicht (BUND 2014).

Weitere Initiativen für Kennzeichnungen von Nano-Produkten sind auf EU-Ebene gescheitert. Nanospezifische Kennzeichnungspflichten wird es beispielsweise bei **Haushaltsgeräten** wie Kühlschränken oder Handrührgeräten vorerst nicht geben. Der Umweltausschuss des EU-Parlaments forderte im Zuge der Überarbeitung der RoHS-Richtlinie zur Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten (2011/65/EU), dass alle Elektro- und Elektronikgeräte, die Nanomaterialien beinhalten, gekennzeichnet werden sollen. Die Neufassung der Richtlinie sieht jedoch keine derartigen Kennzeichnungspflichten vor (ITA 2012). Auch in anderen Produkten wie Baumaterialien, Kleidung oder **Pestiziden** können Nanomaterialien weiterhin ohne Kennzeichnung eingesetzt werden.

### **Verordnung über neuartige Lebensmittel und neuartige Lebensmittelzutaten**

Nach jahrelanger Diskussion ist am 31. Dezember 2015 die neue europäische Verordnung über neuartige Lebensmittel (auch „Novel Food-Verordnung“; (EU) 2015/2283) in Kraft getreten (BMEL ohne Datum). Die dort festgelegten Bestimmungen müssen ab 1. Januar 2018 umgesetzt werden.

Die Novel Food-Verordnung erfasst alle neuen Produkte auf dem Lebensmittelmarkt, die vor dem 15. Mai 1997 in der Europäischen Gemeinschaft nicht in nennenswertem Umfang verzehrt wurden und bei deren Herstellung z. B. ein nicht übliches Verfahren angewandt wurde. Lebensmittel aus technisch hergestellten Nanomaterialien gelten ebenfalls als „neuartige Lebensmittel“. Darunter fallen auch Vitamine, Mineralien und andere Stoffe, sofern sie technisch hergestellte Nanomaterialien enthalten. (EU Parlament und Rat 2015)

„Technisch hergestellte Nanomaterialien“ sind definiert als „ein absichtlich hergestelltes Material, das in einer oder mehreren Dimensionen eine Abmessung in der Größenordnung von 100 nm oder weniger aufweist oder dessen innere Struktur oder Oberfläche aus einzelnen funktionellen Teilen besteht, von denen viele in einer oder mehreren Dimensionen eine Abmessung in der Größenordnung von 100 nm oder weniger haben, einschließlich Strukturen, Agglomerate und Aggregate, die zwar größer als 100 nm sein können, deren durch die Nanoskaligkeit bedingte Eigenschaften jedoch erhalten bleiben. Zu den durch die Nanoskaligkeit bedingten Eigenschaften gehören i) diejenigen Eigenschaften, die im Zusammenhang mit der großen spezifischen Oberfläche des jeweiligen Materials stehen, und/oder ii) besondere physikalisch-chemische Eigenschaften, die sich von denen desselben Materials in nicht-nanoskaliger Form unterscheiden.“

Diese Definition entspricht der bereits bisher in der Lebensmittelinformationsverordnung (LMIV) verwendeten Definition, welche jedoch einen erheblichen Interpretationsspielraum beinhaltet und somit bisher nicht zu einer Kennzeichnung von Nanomaterialien in Lebensmitteln geführt hat. Eine Anpassung der Definition in Anlehnung an die Empfehlung der EU-Kommission unter Berücksichtigung eines niedrigeren Schwellenwerts (15 Prozent Partikel kleiner 100nm) erscheint daher notwendig.

Neuartige Lebensmittel welche Nanomaterialien nutzen um neue, bisher nicht gekannte Eigenschaften zu erreichen, müssen von der EU-Kommission zugelassen und eine Information über Art und Funktion der Inhaltsstoffe muss veröffentlicht werden. Zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Studie sind auf dem Europäischen Markt keine Nano-Lebensmittel als Novel Food-Produkte zugelassen, es lagen keine entsprechenden Anträge vor.

### **Lebensmittelzusatzstoffe**

Der Einsatz nanoskaliger Stoffe in Lebensmittelzusätzen ist seit 2010 durch die europäische Verordnung über Lebensmittelzusatzstoffe ((EG) Nr. 1333/2008) geregelt. Es dürfen nur die Lebensmittelzusatzstoffe verwendet werden, die nach einer Sicherheitsbewertung in eine Positivliste aufgenommen wurden. Eine Zulassung soll nur dann erteilt werden, wenn sich bei der gesundheitlichen Bewertung durch die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) keine gesundheitlichen Bedenken ergeben (EU Parlament und Rat 2008).

Alle Stoffe, die vor 2009 zugelassen wurden, sollen bis 2020 erneut überprüft werden. Bereits zugelassene Lebensmittelzusatzstoffe, die in anderer als der bisher geprüften Form verwendet werden sollen, müssen eine Neubewertung und gegebenenfalls eine Neuzulassung als Voraussetzung für die Anwendung durchlaufen. Dies gilt ausdrücklich auch bei einer Änderung der Größe der eingesetzten Stoffe wie bei Nanomaterialien. Es sind keine Regelungen zur spezifischen Kennzeichnung enthalten. Im Rahmen der Einzelfallzulassung werden die jeweiligen Prüfanforderungen, die Anwendungsbedingungen des Zusatzstoffes sowie die Frage der Kennzeichnung festgelegt (NanoKommission 2011). Im Gesetz ist keine Definition von Nanomaterialien zu finden. Es heißt lediglich, dass ein Stoff neu bewertet werden muss, der mit „wesentlich anderen Produktionsmethoden oder Ausgangsstoffen“ hergestellt wird. Der Einsatz von Nanopartikeln kann laut Verordnung eine solche wesentliche Änderung darstellen (SRU 2011). Damit bleibt unklar, ab welcher Größe Nano-Zusatzstoffe eine spezielle Sicherheitsbewertung durchlaufen sollen. Dies kritisiert auch der Sachverständigenrat für Umweltfragen.

Calciumcarbonat wurde 2011 von der EFSA – trotz eingeschränkter Datenlage zur Toxikologie des Stoffes – als unbedenklich zum Einsatz als Lebensmittelzusatzstoff eingestuft. Teile des Stoffes (amorphes Calciumcarbonat) können in Größen von 40–120 nm vorliegen. Die Lebensmittelindustrie gibt an, dass typischerweise 1 Prozent des Calciumcarbonats kleiner als 100 nm groß ist. Dieses entsteht unbeabsichtigt während des Herstellungsprozesses (EFSA 2011 II).

Die vermutlich bereits häufig im Lebensmittelbereich in Nanoform eingesetzten Stoffe Siliziumdioxid und Titandioxid werden ebenfalls neu bewertet. Zu Siliziumdioxid schreibt die EFSA in einer Studie aus 2014, dass Siliziumdioxid (E551) als Nanomaterial anzusehen sei. Sie begründet dies mit der Tatsache, dass die Primärpartikel von Siliziumdioxid in Nanoform vorliegen (EFSA 2014).

### **Nahrungsergänzungsmittel**

In der EU-Richtlinie über Nahrungsergänzungsmittel (2002/46/EG) werden Nanomaterialien nicht ausdrücklich erwähnt. Die von der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) bewerteten und von der Europäische Kommission zugelassenen Mineralstoffe und Vitamine, die in Nahrungsergänzungsmitteln eingesetzt werden können, werden in einer Positivliste geführt (EU Kommission 2012). Andere Stoffe können auch verwendet werden, wenn es keine Arzneistoffe, verbotene beziehungsweise nicht zugelassene Zutaten oder neuartige Lebensmittel im Sinne der Verordnung über neuartige Lebensmittel sind. Seit 2004 ist in Deutschland die Verordnung über Nahrungsergänzungsmittel (NemV) in Kraft. Unternehmen müssen danach Nahrungsergänzungsmittel, bevor sie die Produkte auf den Markt bringen, beim Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) anzeigen (Bundesregierung 2004).

2008 wurde ein Antrag auf Bewertung von kolloidalem Silber (auch Silberhydrosol) mit einer Größe von 0,8 nm für den Einsatz in Nahrungsergänzungsmitteln von der EFSA abgelehnt. Der Antragsteller konnte keine ausreichenden Daten für die Risikobewertung vorlegen (EFSA 2008). Kolloidales Silber ist daher für die Anwendung in Nahrungsergänzungsmitteln nicht zugelassen. Trotzdem befinden sich solche Produkte auch in Deutschland bereits auf dem Markt. Ein Produkt mit kolloida-

lem Silber wird von der holländischen Firma fairvital angeboten. Nach Aussagen eines Mitarbeiters beim Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) ist dies ein Rechtsverstoß. Die Firma verschanze sich hinter der Grenze, um nicht so schnell belangt werden zu können. Die Überwachungsbehörden der Niederlande und Deutschland helfen sich in solchen Fällen zwar gegenseitig, ein so genanntes Rechtshilfeersuchen kostet jedoch viel Zeit (telefonische Auskunft BMELV 16.08.2012). Ein anderer Anbieter – Doktor-Klaus.de – bietet ebenfalls kolloidales Silber an, aber angeblich nur für technische Zwecke. Gleichzeitig wird auf der Website ausführlich erklärt, wann und wie das Produkt eingenommen werden soll (Doktor-Klaus.de ohne Datum). Offensichtlich versuchen die Firmen so zu umgehen, dass kolloidales Silber nicht zugelassen ist. Es ist Aufgabe der Lebensmittelüberwachungsbehörden der Länder hier einzuschreiten.

Seit 2007 sind Werbeaussagen über Nahrungsergänzungsmittel durch die EU-Verordnung über Nährwert- und gesundheitsbezogene Angaben über Lebensmittel (EG) 1924/2006 geregelt. Nach dieser Verordnung müssen die Gesundheitsversprechen der Hersteller einer wissenschaftlichen Überprüfung standhalten können (EU-Parlament und -Rat 2007). Dies ist bei Nahrungsergänzungsmitteln mit Nanomaterialien äußerst fraglich.

### **Verpackungen und Küchenutensilien**

Wenn Verpackungen und Beschichtungen mit Lebensmitteln oder Trinkwasser in Kontakt kommen, unterliegen die Inhaltsstoffe besonderen Regelungen. Ein Problem bei Verpackungen besteht darin, dass die Inhaltsstoffe in der Regel nicht zu 100 Prozent chemisch fest gebunden sind, sondern teilweise aus der Verpackung in das eingeschlossene Lebensmittel übertreten können. Daher gibt es Grenzwerte für den maximal zulässigen Austritt chemischer Verbindungen aus Kunststoffen. Es ist dringend notwendig, dass Nanopartikel beim Einsatz im Lebensmittelbereich entsprechend angepassten Anforderungen unterworfen werden.

Die **EU-Verpackungsverordnung** ((EG) 1935/2004) deckt alle Materialien ab, die mit Lebensmitteln in Kontakt kommen: Verpackungen, Flaschen (Plastik und Glas), Besteck, Haushaltsgeräte und auch Klebstoffe und Druckerschwärze für Etiketten (EU Parlament und Rat 2004). Nanomaterialien werden nicht

ausdrücklich genannt. Nach Ansicht des Bundesinstituts für Verbraucherschutz (BfR) gelten die Anforderungen dieser Verordnung grundsätzlich auch für die Verwendung von Nanomaterialien (BfR 2008).

Materialien für aktive Verpackungen müssen der Richtlinie für Lebensmittel-Zusatzstoffe ((89/107/EWG) entsprechen (EU Rat 1989). Konkretisiert wird dies in der **EU-Verordnung über aktive und intelligente Materialien, die dazu bestimmt sind, mit Lebensmitteln in Berührung zu kommen** ((EC) No 450/2009) (EU Kommission 2009). Hier werden auch Nanomaterialien berücksichtigt. Sie sollen einer Fall-zu-Fall Beurteilung unterzogen werden und müssen auf der „EU-Positivliste für zugelassene Stoffe als Bestandteile aktiver und intelligenter Verpackungen“ gelistet sein.

Ebenfalls konkretisiert wird die Verpackungs-Verordnung durch die **Verordnung über Materialien und Gegenstände aus Kunststoff, die dazu bestimmt sind, mit Lebensmitteln in Berührung zu kommen** ((EU) Nr. 10/2011) (EU Kommission 2011 II). Nanomaterialien können verwendet werden, wenn eine Einzelfallbewertung der EFSA vorliegt. Zulassungen, die auf Grundlage der Risikobewertung der konventionellen Partikelgröße eines Stoffs erteilt wurden, gelten nicht für künstlich hergestellte Nanopartikel. Stoffe mit Nanostruktur dürfen nur verwendet werden, wenn sie ausdrücklich zugelassen und in Anhang I unter „Spezifikationen“ aufgeführt sind. Wie bei aktiven und intelligenten Verpackungen muss trotz einer funktionellen Barriere eine Zulassung erwirkt werden. Insofern werden Nanomaterialien behandelt wie krebserregende, fortpflanzungsschädigende und erbgutverändernde Stoffe. Die Verordnung tritt 2016 voll in Kraft und löst die Kunststoff-Richtlinie (2002/72/EG) ab.

Zugelassen durch die Europäische Kommission für den Einsatz in Verpackungen und Küchenutensilien sind bisher in Nano-Form lediglich Siliziumdioxid zur Anwendung in Plastik in jeder Art von Lebensmittelkontaktmaterialien (EFSA 2014 II), Titanitrid ebenfalls zur Verwendung in PET Flaschen (BfR 2012 II) und Industrieruß (Carbon Black) zur Anwendung in Lebensmittelkontaktmaterialien (EU Kommission 2012 II). Das Bundesinstitut für Risikobewertung stellt fest, dass „bereits zugelassene Substanzen, bei deren erstmaliger Bewertung die

nanoskalige Partikelgröße nicht einbezogen war und die nun in Nanoform eingesetzt werden sollen, vor ihrer Verwendung gesundheitlich neu bewertet werden müssen“ (BfR 2009).

Nicht zugelassen sind hingegen Nano-Silber und Nano-Ton. Die EFSA hat zwar bereits verschiedene Silberverbindungen in Makro-Form bewertet, bei diesen wurde Nano-Silber jedoch nicht berücksichtigt. Ton wurde zwar zum Einsatz in Lebensmittelkontaktmaterialien für trockene Lebensmittel zugelassen, jedoch nicht Nano-Ton (EFSA 2015);(BfR 2009). Die Anwendung dieser Stoffe ist daher bei Verpackungen und Küchenutensilien nicht zulässig (Auskunft Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) per E-Mail 12.01.2016).

#### Regelungen für Futtermittel und Pestizide

**Futtermittel:** Die Anwendung von Nanomaterialien in Futtermitteln ist nicht ausdrücklich geregelt. Grundsätzlich gelten die Anforderungen des Lebensmittelrechts aus der EU Lebensmittel-Verordnung ((EG) Nr. 178/2002) und aus dem Lebensmittel-, Bedarfsgegenstände- und Futtermittelgesetzbuch (LFGB). Zudem werden Zusatzstoffe in der **EU Verordnung über Zusatzstoffe zur Verwendung in der Tierernährung** ((EG) Nr. 1831/2003) geregelt. Nanomaterialien werden nicht ausdrücklich berücksichtigt. Bei der Zulassung der Futtermittelzusatzstoffe müssen durch den Hersteller das Herstellungsverfahren und das Produkt selbst beschrieben werden. Nur bei Hinweisen auf Nanomaterialien wird dieser Aspekt bei der Sicherheitsbewertung berücksichtigt, so das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF 2011).

**Pestizide:** 2011 trat die neue **EU-Pestizid Verordnung** ((EG) Nr. 1107/2009) in Kraft. Es sind keine speziellen Regulierungen zum Einsatz von Nanomaterialien in Pestiziden enthalten (EU Parlament und Rat 2009 II). Der Einsatz von Nanomaterialien ist daher ohne eine nanospezifische Sicherheitsbewertung möglich. Dies ist besonders problematisch, da Pestizide bewusst in die Umwelt ausgebracht werden. Die britische United Kingdom's Royal Society hatte schon 2004 gefordert: „Bevor nicht mehr über Umwelteinflüsse von Nanopartikeln und Nanoröhrchen bekannt ist, empfehlen wir, die Freisetzung von synthetischen Nanopartikeln und Nanoröhrchen so weit wie möglich zu verhindern“ (RS/RAE 2004).

Die Bundesregierung stellt dazu fest, dass die Anforderungen an die Testverfahren von Pestiziden grundsätzlich auch für nanoskalige Produkte gelten. Die Europäische Kommission hat hingegen betont, dass vor einer Zulassung geprüft werden muss, ob die geltenden Testverfahren die spezifischen Eigenschaften von Nanomaterialien ausreichend berücksichtigen. Zulassungen für Nano-Pestizide wurden bisher nicht erteilt (Bundesregierung 2011). Der wissenschaftliche Ausschuss der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) veröffentlichte 2009 eine Position zu Pestiziden: „Das PPR-Gremium stellt fest, dass die derzeitigen Datenanforderungen für physikalische und chemische Eigenschaften die Risikobewertung für Nano-Pestizide nicht absichern würden, sollten derartige Produkte zur Registrierung entwickelt und eingereicht werden“ (EFSA 2009 II).

Wie problematisch diese unzureichenden Regelungen sind, zeigt ein Beispiel aus den USA: Die Umweltschutzbehörde (EPA) ließ versehentlich ein Pestizid mit Nanomaterialien zu, da der Hersteller die Behörde nicht über die Nanostoffe informiert hatte. Das Unternehmen entschuldigte dies mit der Tatsache, dass der Stoff lediglich eine Nanoversion des bisher eingesetzten konventionellen Pestizids sei (House of Lords 2010).

Ein Schlupfloch boten bisher die gesetzlichen Regelungen für **Pflanzenstärkungsmittel**. Zwar mussten auch diese dem deutschen Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) gemeldet werden, dabei fand jedoch keine Risikobewertung statt. 2011 wurde das Pestizidrecht geändert. Im Rahmen der neuen Verordnung werden Produkte nun überprüft, ob sie als Pflanzenstärkungsmittel oder als Pestizid eingestuft werden müssen (BVL, persönliches Gespräch 2014).

Da viele Pestizide durch ihren Einsatz in der Landwirtschaft in Gewässer abgeschwemmt werden, fallen einige von ihnen auch in den Bereich der EU-Wasserrahmenrichtlinie. Allerdings erwähnt diese Richtlinie Nanomaterialien nicht.

### **Regelungen zu Immissionen, Wasserschutz und Abfall**

Die Herstellung und industrielle Verwendung von Nanomaterialien fallen auf nationaler Ebene in den Gegenstandsbereich des **Bundes-Immissionsschutzgesetzes**. Das Gesetz hat im Bereich der genehmigungspflichtigen Anlagen den Charakter eines umfassenden Industrieanlagen-Zulassungsgesetzes. Nanospezifische Grenzwerte, Mess- und Analyseverfahren gibt es im Bundes-Immissionsschutzgesetz bisher jedoch nicht. Im Lebensmittelbereich spielt auch die Einleitung in Kläranlagen und Oberflächengewässer sowie die Abfallentsorgung eine Rolle für die Freisetzung von Nanomaterialien in die Umwelt. Allerdings kennen auch das deutsche **Wasserrecht** und das **Abfallrecht** weder nanospezifische Grenzwerte, noch nanospezifische Mess- und Analyseverfahren (UBA 2011; SRU 2011; Ökopoll 2015).

### **Die europäische Chemikalienverordnung REACH**

REACH ((EG) 1907/2006) ist der Eckstein für die Regulierung von Nanomaterialien auf dem europäischen Markt, da Stoffe bereits zu Beginn des Lebenszyklus erfasst und bewertet werden. REACH schließt Lebensmittelzusatzstoffe, die meisten Lebensmittelverpackungen und Pestizidwirkstoffe explizit aus (EIAmin 2006), da sie in separaten Gesetzen reguliert werden. Der überwiegende Teil der sonstigen industriell verwendeten Chemikalien fällt seit dem 1. Juni 2007 unter REACH.

Grundsätzlich ist die REACH-Registrierung so gestaltet, dass sie ein ideales Werkzeug sein könnte, um die Wissenslücken über Nanomaterialien zu schließen. Allerdings wurde REACH nicht für Nanomaterialien ausgelegt und berücksichtigt diese nicht ausreichend. Der wichtigste REACH Grundsatz „keine Daten – kein Markt“ wird für Nanomaterialien derzeit nicht angewendet. Stoffe dürfen danach in der EU nur dann vermarktet werden, wenn bestimmte Daten über ihre Sicherheit bereitgestellt wurden. Bisher wurden jedoch nur wenige Nanostoffe registriert, obwohl es weit mehr auf dem europäischen Markt gibt (EEB 2013). Die europäische Chemikalien-Agentur ECHA (Directorate E-Evaluation) forderte Unternehmen auf, wenigstens die grundlegenden physikalischen Eigenschaften der Nano-Form eines Stoffes in den REACH Dossiers anzugeben. Lediglich zehn Stoffe seien bis 2013 als Nano-Stoffe registriert, obwohl davon auszugehen sei, dass die Charakterisierung „nano“ für viele Stoffe gelte (ChemicalWatch 2013)

Insbesondere folgende Punkte sorgen dafür, dass REACH seinem Anspruch für Nanomaterialien bisher nicht gerecht werden kann:

- REACH enthält keine Definition für Nanomaterialien;
- eine eigenständige Registrierung von Nanomaterialien wird nicht vorgeschrieben, obwohl sie häufig andere Eigenschaften als das Makro-Material haben;
- Nanomaterialien werden in der Regel wie Altstoffe behandelt, obwohl sie neue Eigenschaften haben können. D.h. sie müssen nicht vor der Vermarktung registriert werden, sondern erst zu der Frist, die für den jeweiligen Makro-Stoff gilt;
- die in REACH festgelegten Mengenschwellen sind so hoch, dass viele Nanomaterialien gar nicht, oder erst spät und mit sehr geringen Datenanforderungen registriert werden müssen;
- die Test-Leitlinien und Anhänge von REACH machen keine klaren Vorgaben, wie mit Nanomaterialien umzugehen ist.

Trotz der Mängel, die REACH aufweist, bietet die Verordnung Ansatzpunkte, um Nanomaterialien zu regulieren. So stellt sich die Frage, inwiefern bestimmte Nanomaterialien als „besonders besorgniserregend“ im Sinne von REACH gelten müssten. Diese Stoffe können von der Zulassung ausgenommen werden. Als „besonders besorgniserregend“ werden Stoffe eingestuft, wenn sie krebserregend, erbgutschädigend oder fortpflanzungsschädigend sind oder ähnlich besorgniserregende Eigenschaften besitzen und solche Stoffe, die giftig, langlebig und schwer abbaubar bzw. sehr langlebig und sehr schwer abbaubar sind.

Die **EU-Kommission** hält REACH für die beste Grundlage für ein Risiko-Management von Nanomaterialien. (EU Kommission 2012 II). Im Mai 2014 hat die EU Kommission Vorschläge veröffentlicht, wie die REACH Anhänge hinsichtlich Nanomaterialien ergänzt werden sollen. Der BUND begrüßt grundsätzlich, dass die REACH Regularien angepasst werden sollen, dies ist dringend überfällig. Die von der EU Kommission vorgeschlagenen Punkte sind jedoch nicht weitreichend genug. So müsste beispielsweise die Definition von Nanomaterialien im Haupttext des Gesetzes verankert werden, damit diese für alle Stakeholder gilt. Weitere Informationen zur Position des BUND und anderer Verbände können in dem Dokument: "CIEL, ECOS, Öko-Institut 2015. Revision of REACH Annexes for Nanomaterials – Position Paper" eingesehen werden." (Ciel, Ecos Öko-Institut 2015).

Der **BUND** hat bereits 2012 gemeinsam mit den Umweltrechtsorganisationen ClientEarth und Center for International Environmental Law (CIEL) einen eigenen Vorschlag zur Schließung der Lücken für Nanomaterialien in der EU-Gesetzgebung entgegengestellt. Der Vorschlag sieht eine neue horizontale EU-Verordnung vor, mit der grundsätzliche Prinzipien für die Regulierung von Nanomaterialien festgelegt und Lücken für Nanomaterialien in der REACH-Verordnung geschlossen werden sollen. Hiermit soll u.a. erreicht werden, dass Nanomaterialien wie Neustoffe unter REACH reguliert werden und ein europäisches Nano-Register aufgebaut wird. Der Schwellenwert, der entscheidend für die Registrierung ist, wird auf 10 kg pro Jahr festgelegt. Eine Stoffsicherheitsbeurteilung wird für die Registrierung aller Nanomaterialien vorgeschrieben (BUND 2012).

Auch die **deutschen Bundesbehörden** Umweltbundesamt (UBA), Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) sowie Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) haben einen Vorschlag zur Weiterentwicklung von REACH erarbeitet. Sie sehen die bestehenden Regelungen als nicht ausreichend an. In dem Vorschlag werden umfassendere Daten zu Nano-Stoffen gefordert: wie besondere Prüf- und Informationsanforderungen zu Gefahren für den Menschen und die Umwelt. Für Nanomaterialien ab 100 kg/Jahr (Gesamtherstellungs- bzw. Gesamtimportmenge aller Nano-Formen eines Stoffes) soll eine vereinfachte Registrierungspflicht eingeführt werden. Für Nanomaterialien ab 1 t/Jahr (Gesamtmenge aller Nano-Formen eines Stoffes) soll eine Stoffsicherheitsbewertung für alle Nano-Formen des Stoffes vorgenommen werden. (UBA, BfR, BAuA 2013) Die **schwedische Chemikalien-Behörde** (Kemikalieinspektion (KEMI)) hat einen Schwellenwert von 10 kg/Jahr für eine generelle Registrierungspflicht von Nanomaterialien unter REACH vorgeschlagen. Des Weiteren sollen alle Nano-Stoffe, die in Mengen über 100 kg/Jahr produziert oder importiert werden, eine Stoffsicherheitsbewertung durchlaufen. (KEMI 2013) Der deutsche **Sachverständigenrat für Umweltfragen** (SRU) hält Änderungen bei REACH für notwendig. Nanomaterialien sollten als eigenständige Stoffe behandelt und mit einem eigenen Dossier registriert werden. Zwar wird gefordert, die Mengenschwellen zu senken, es werden aber keine konkreten Vorschläge gemacht. Die Zulassung sollte mehr vorsorgeorientiert und Beschränkungen und Verbote schon bei „abstrakter Besorgnis“ möglich sein (SRU 2011).

## Nanoproduktregister

Ein verpflichtendes und öffentlich einsehbares Produktregister, in dem alle am Markt befindlichen Nano-Produkte aufgeführt werden, gibt es in Deutschland und der EU bisher nicht. Ein Produktregister ist zum einen sinnvoll, um Behörden einen Überblick über Nano-Produkte zu verschaffen, damit diese Gefahren für Menschen und Umwelt vorbeugen können, zum anderen haben VerbraucherInnen ein Recht darauf, zu entscheiden, ob sie Nano-Produkte kaufen wollen oder nicht.

Industrievertreter in Deutschland lehnen ein solches Register ab (NanoKommission 2011). Führende Einzelhandelsunternehmen in der Schweiz wie Coop und Migros sowie Charles Vögele, Denner, Manor und Valora haben sich hingegen für eine offene Kommunikation mit VerbraucherInnen entschieden (IG DHS 2015). Sie veröffentlichen freiwillig Listen über die im Sortiment befindlichen Nano-Produkte (Coop ohne Datum).

Die Umweltministerkonferenz (UMK 2011) und die Verbraucherschutzministerkonferenz (VSMK 2011) sowie das Umweltbundesamt (UBA 2012) setzen sich für eine Produkt-Datenbank auf EU-Ebene ein. Das Bundesumweltministerium kündigte auf der Abschlussveranstaltung der NanoKommission im Februar 2011 ebenfalls an, die Einführung eines amtlichen Produktregisters auf EU-Ebene zu unterstützen (Verbraucherportal 2012). Der Bundesrat hat im Juli die Bundesregierung aufgefordert, sich „nachdrücklich für die Schaffung einer Nano-Produktdatenbank auf EU-Ebene einzusetzen“. Gemeinsam mit Industrie, Umwelt- und Verbraucherverbänden sowie Bund und Ländern sollen nach Vorstellungen des Bundesrates Eckpunkte eines europaweiten Nanoprodukt-Registers erarbeitet werden. (Bundesrat 2013).

Die EU-Kommission hat sich allerdings kürzlich gegen die Schaffung eines EU-Registers für Nanomaterialien ausgesprochen. Ein Register sei nicht dazu geeignet, Verbraucher mit relevanten Informationen über Nanomaterialien zu versorgen, ließ die Kommission auf einem Treffen der REACH-Unterarbeitsgruppe zu Nanomaterialien (CASG Nano) im Dezember 2014 verlauten (ChemicalWatch 2014).

Der BUND und andere Umwelt- und Verbraucherverbände fordern ein EU-weites oder vorerst ein nationales Nano-Produktregister. Es ist keinesfalls notwendig auf ein EU-weites Produktregister zu warten. Auch auf nationaler Ebene ist es möglich, ein solches einzuführen, ohne gegen EU-Recht zu verstoßen. Das Öko-Institut stellt fest, dass EU-Recht eingehalten wird, wenn „es sich um Bereiche handelt, die in der EU nicht abschließend geregelt sind.“ (Öko-Institut 2010). Dies trifft nach Auffassung des Öko-Instituts auch auf Kosmetika, Lebensmittelzusatzstoffe und neuartige Lebensmittel zu. Um mehr Transparenz zu schaffen, hat der BUND auf seiner Webseite eine Nanoproduktdatenbank veröffentlicht. Hier sind derzeit ca. 1.100 Produkte mit Nanomaterialien aufgeführt, die von den Herstellern als solche beworben werden und die in Deutschland gekauft werden können (BUND ohne Datum II).

In anderen EU Ländern gibt es bereits nationale Nano-Produktregister: In Frankreich gibt es seit Januar 2013 ein stoffbasiertes Meldesystem für Nanomaterialien, das erste in Europa. Das Register erfasst nicht die Nano-Produkte auf dem Markt, sondern Unternehmen werden verpflichtet, Nanomaterialien zu melden, die sie in einer Menge von mehr als 100 g herstellen oder einführen. Diese Verordnung gilt für Importeure, Produzenten und Händler von Nanomaterialien sowie professionelle Nutzer und Forschungslabore in Frankreich (French Republic 2012). Belgien hat als zweites Land der EU 2014 ein obligatorisches Nanoproduktregister eingeführt. Unternehmen, welche Nanomaterialien-haltige Substanzen und Mischungen auf den belgischen Markt bringen, müssen diese ab 2016 registrieren. Eine Überprüfung, ob auch Produkte registriert werden müssen, die Nanomaterialien enthalten, ist für 2017 geplant (NIA 2014).

In Dänemark gibt es ebenfalls seit 2014 ein verpflichtendes Nano-Produktregister. Die Meldepflicht gilt für alle Hersteller und Importeure von nano-haltigen Gemischen bzw. Produkten, die auf dem dänischen Markt verkauft werden sollen. Es gibt jedoch eine Vielzahl an Ausnahmen. Das Register gilt beispielsweise nicht für: Nahrungs- und Futtermittel, Lebensmittel-Kontakt-Materialien, Pestizide und Kosmetika (Danish Government 2014). Die schwedische Regierung plant ebenfalls ein nationales Register für Nanomaterialien und -Produkte. Allerdings sind auch hier Produktbereiche wie Lebens- und Futtermittel sowie Kosmetika ausgenommen (KEMI 2015).

Dass freiwillige Initiativen nicht ausreichend sind, zeigt ein Programm in den USA: Die Umweltschutzbehörde der USA EPA (Environmental Protection Agency) geht davon aus, dass im Rahmen einer freiwilligen Meldung 90 Prozent der verschiedenen kommerziell genutzten Nanomaterialien nicht von den Unternehmen gemeldet werden (EPA 2009).

### Arbeitsschutz

Der Arbeitsschutz ist auf europäischer und nationaler Ebene geregelt. Die grundlegenden gesetzlichen Regelungen der europäischen Rahmenrichtlinien „Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit“ (89/391/EWG) und „Sicherheit und Gesundheit bei chemischen Arbeitsstoffen“ (98/24/EG) nehmen Arbeitgeber und Arbeitgeberinnen in die Pflicht, die Gesundheit der Arbeitnehmer und Arbeitnehmerinnen zu schützen. Spezielle Regelungen für Nanomaterialien gibt es nicht. Nach Auffassung der Kommission schließt die Richtlinie 89/391/EG Nanomaterialien vollständig mit ein (LUBW 2012.)

Darüber hinaus bilden in Deutschland das Arbeitsschutzgesetz sowie die Gefahrstoffverordnung und das nachgeordnete Technische Regelwerk die Basis für den Arbeitsschutz in Bezug auf Nanomaterialien. Spezielle arbeitsschutzrechtliche Regelungen für den Umgang mit Nanopartikeln gibt es allerdings auch hier nicht (BAuA 2013). Derzeit müssen gesetzliche Regelungslücken durch freiwillige Maßnahmen geschlossen werden. 2012 hat beispielsweise die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) gemeinsam mit dem Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI) eine Empfehlung für die Beurteilung der Gefährdung am Arbeitsplatz veröffentlicht (BAuA / VCI 2012).

Die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) sieht jedoch insbesondere bei klein- und mittelständischen Unternehmen beim Umgang mit Chemikalien Defizite. Es müsse das Vorsorgeprinzip angewendet werden, wenn zu wenig über Nanomaterialien bekannt sei. Sie schreibt: „Im Rahmen der betrieblichen Gefährdungsbeurteilung müssen die besonderen „Nano-Eigenschaften“ berücksichtigt werden. Sind diese nicht ausreichend bekannt, muss nach dem Vorsorgeprinzip verfahren werden und entsprechend des Nichtwissens eine Gefährdung für die Festlegung der Maßnahmen unterstellt werden.“ (BAuA 2013).

Die Bundesregierung sieht keinen Regelungsbedarf im Arbeitsrecht: „Für den Bereich des Arbeitsschutzes sind die derzeitigen Regelungen, insbesondere in der Gefahrstoffverordnung, ausreichend. Der Ausschuss für Gefahrstoffe (AGS) erarbeitet zurzeit eine Empfehlung zur Anwendung dieser Vorgaben bei Tätigkeiten mit Nanomaterialien“ (Bundesregierung 2012).

Die Europäische Kommission hat 2011 eine Studie in Auftrag gegeben, in der die Risiken von Nanomaterialien bei der Arbeit untersucht werden sollen. Zudem arbeitet eine Arbeitsgruppe an einem Entwurf zur Risikobewertung und zum Management von Nanomaterialien am Arbeitsplatz (EU Kommission 2012 II).

### Risikobewertung: für Nanomaterialien möglich?

Das bisherige Vorgehen zur Risikobewertung von Stoffen gilt grundsätzlich auch als geeignet, um die Risiken von Nanomaterialien zu beurteilen, allerdings müssen nanospezifische Eigenschaften wie die große Oberfläche stärker berücksichtigt werden. Zudem fehlen geeignete Testverfahren und die Datenglage zu Gefahren und Belastungen mit Nanomaterialien ist völlig unzureichend. Die EU-Kommission fordert eine Risikobewertung von „Fall-zu-Fall“. Das heißt jeder Nano-Stoff soll in seiner spezifischen Verwendungsart beurteilt werden. Dabei könnten die verfügbaren Methoden der Risikobewertung angewandt werden, auch wenn bestimmte Aspekte der Risikobewertung noch einer Weiterentwicklung bedürfen. Grundsätzlich hält die EU-Kommission nach jetzigem Kenntnisstand Nanomaterialien insofern für vergleichbar mit normalen Chemikalien, als sich unter ihnen toxische und nicht toxische befinden (EU Kommission 2012 III).

Auch die FAO und die WHO teilen die Meinung, dass die derzeitigen Methoden zur Risikobewertung von Nanomaterialien in Lebensmitteln und in der Landwirtschaft grundsätzlich angemessen sind. Allerdings betonen auch sie, dass weitere Aspekte wie die große Oberfläche der Nano-Stoffe, ihre Interaktion mit anderen Stoffen in Lebensmitteln und der gesamte Lebenszyklus des Produktes berücksichtigt werden sollten (FAO /WHO 2010).

Der wissenschaftliche Ausschuss für neu auftretende und neu identifizierte Gesundheitsrisiken (SCENIHR) der Europäischen Kommission ist der Meinung, dass es möglicherweise erforderlich ist, die derzeitigen Testmethoden anzupassen (SCENIHR

2010). Er schlägt eine Berücksichtigung aller Nanomaterialien bis zu einer Größe von 999 nm vor.

Der BUND unterstützt für die Risikobewertung die vom SCE-NIHR vorgeschlagene abgestufte Herangehensweise, bis weitere Informationen über die Eigenschaften von Nanomaterialien vorliegen. Darin werden auch größere Materialien berücksichtigt. Materialien bis 500 nm sollen bei der Risikobewertung als Nanomaterialien behandelt und einer spezifischen Beurteilung unterzogen werden, wenn die Anzahlgrößenverteilung bei mindestens 0,15 Prozent kleiner 100 nm liegt (SCENIHR 2010).

### **Standardisierte Testverfahren fehlen**

Eine Risikobewertung von Nanomaterialien ist derzeit auch deshalb nicht möglich, weil die notwendigen Methoden nicht vorhanden sind. Standardisierte und validierte Verfahren, um Nanomaterialien routinemäßig zu erfassen, fehlen (Ökopol 2015; UBA 2011). Die EFSA bestätigt, dass in der Praxis derzeit eine Risikobewertung von Nano-Produkten im Lebens- und Futtermittelbereich mit großen Unsicherheiten verbunden ist, da Prüfungsmethoden und Daten zu Gefahren und Belastungen fehlen (EFSA 2011). Dadurch ist auch eine Vergleichbarkeit von vorhandenen Untersuchungen nicht möglich, wie die Bundesregierung bestätigt (Bundesregierung 2011).

Zwar gibt es inzwischen einige Methoden, um Nanomaterialien zu analysieren. Allerdings sind sie nach Aussagen des Sachverständigenrates für Umweltfragen „anspruchsvoll in der Durchführung und Auswertung, erfordern speziell ausgebildetes Personal und sind damit nicht ohne Weiteres für Routinemessungen geeignet“ (SRU 2011). Nach Aussagen des Bundesinstituts für Risikobewertung werde es bald möglich, Messungen über die Belastungen durch Nanomaterialien durchzuführen. Eine Analytik zur Messung von Nanomaterialien in Lebensmitteln werde in zentralen Lebensmitteluntersuchungssämtern in Deutschland aufgebaut (BfR 2012 III).

Die Arbeitsgruppe für hergestellte Nanomaterialien (Working party on manufactured nanomaterials (WPMN)) der OECD (Internationale Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit) untersucht, ob die bisherigen OECD-Test-Leitlinien für alle Arten von Nanomaterialien anwendbar sind. Die OECD 2012 hat als wichtigste Kategorie zur Risikobewertung von Nano-

materialien die physikalisch-chemischen Eigenschaften („Identität der Nanomaterialien“) bezeichnet. Die herkömmliche Risikobewertung von Chemikalien beginnt mit den physikalisch-chemischen Eigenschaften, die die Partikelgröße und Löslichkeit und mögliche Expositionspfade beinhalten. Die OECD sieht große Wissenslücken hinsichtlich der Anwendbarkeit herkömmlicher physikalisch-chemischer Beurteilungsansätze von Nanomaterialien, beispielsweise, ob und welche physikalisch-chemischen Eigenschaften einen Rückschluss auf mögliche Toxizität und Ökotoxizität und auf das Umweltverhalten zulassen (OECD 2012; OECD 2013).

Für eine Risikobewertung der Verwendung von technisch hergestellten Nanomaterialien im Lebensmittelbereich ist eine ausreichende Charakterisierung der Materials zwingend notwendig. Über das Projekt NanoDefine ([www.nanodefine.eu](http://www.nanodefine.eu)) sollen daher analytische Methoden und Standards zur Umsetzung der Kommissionsempfehlung für eine Nanodefinition erarbeitet werden. Als Ergebnis soll eine Datenbank eingerichtet werden, mit der geeignete Messmethoden für bestimmte Materialien identifiziert werden können.

2008 gab die britische Royal Commission on Environmental Pollution an, dass die Entwicklung von neuen toxikologischen und ökotoxikologischen Testverfahren und die Integration in gesetzliche Regelungen bis zu 15 Jahre dauern kann (RCEP 2008).

Das Umweltbundesamt (UBA), das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) und die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) sehen zudem Probleme im Vollzug bestehender Gesetze, wenn keine allgemein anerkannten, standardisierten Methoden zur Verfügung stehen (UBA, BfR, BAuA 2013.)

Die EU-Kommission beschreibt als die größten Herausforderungen hinsichtlich der Risikobewertung von Nanomaterialien: „Die Entwicklung validierter Methoden und Instrumente für den Nachweis, die Beschreibung und die Analyse; Vervollständigung von Informationen über von Nanomaterialien ausgehende Gefahren; Entwicklung von Methoden für die Bewertung der Exposition gegenüber Nanomaterialien.“ (EU Kommission 2012 III)

Für die Analyse von Lebensmitteln wird angenommen, dass eine Analysemethode allein nicht ausreicht, um verschiedene Lebens-

mittel auf die Anwesenheit von Nanomaterialien zu untersuchen. Dr. Ralf Greiner vom Max-Rubner-Institut: „Im günstigsten Fall wird es gelingen, Analyseverfahren für einzelne Produkte bzw. Produkt-Nanomaterialien-Kombinationen zu etablieren, wobei noch ein erheblicher Forschungsaufwand erforderlich ist.“ (MRI 2012). Besondere Herausforderungen sieht auch die EU-Kommission für die Analyse von Nanomaterialien in komplexen Umgebungen wie Kosmetika, Lebensmittel, Abfälle, Böden, Wasser oder Klärschlamm (EU Kommission 2012 II).

Dass bisherige Standardtestverfahren für die Risikobewertung von Nanomaterialien angepasst werden müssen, zeigt beispielsweise eine Studie des Umweltbundesamts aus 2011. In der Studie war zu sehen, dass nur durch eine geringfügige zeitliche Ausdehnung des Beobachtungszeitraums Auswirkungen von Nanomaterialien auf Gewässerorganismen sichtbar wurden, die Standardtests nicht zeigen (UBA 2011). Auch eine Studie der Universität Koblenz-Landau zur Reaktion von Wasserflöhen auf Nanopartikel zeigte eine unerwartet hohe negative Wirkung bei den Nachkommen der Elterntiere, die Nanopartikeln ausgesetzt waren. Die Nachkommen wiesen eine deutlich höhere Empfindlichkeit auf, als die Elterntiere. Prof. Dr. Ralf Schulz, einer der Autoren der Studie, hält klassische Untersuchungen und Risikobewertungen daher für nicht ausreichend und fordert „die Zulassungsbehörden auf, sich zügig für eine Weiterentwicklung und Einführung angepasster Tests einzusetzen, um auch langfristige Risiken zuverlässiger bewerten zu können. Schließlich gelangen Nanopartikel dauerhaft in die Umwelt.“ (Universität Koblenz Landau 2012; Bundschu 2012).

### Immer noch immense Wissenslücken

Nationale und internationale Forschungen können mit der Markteinführung von Nano-Produkten nicht mithalten. Zu wenige Studien zu Gesundheits- und Umweltauswirkungen führen dazu, dass abschließende Risikobewertungen für Nano-Stoffe nicht durchgeführt werden können. Der Bundesrat stellte 2013 fest, dass „die bei der Entwicklung der Nanotechnologien erforderliche Begleitforschung zu Gesundheits- und Umweltauswirkungen derzeit nicht ausreichend berücksichtigt wird.“ (Bundesrat 2013) Auch das Bundesministerium für Bildung und Forschung erklärt, dass es „trotz umfangreicher Forschungsarbeiten zu Auswirkungen von Nanomaterialien auf Mensch und Umwelt auf nationaler und internationaler Ebene noch deutliche Wissenslücken gibt, die geschlossen werden müssen“ (BMBF 2011).

Insbesondere fehlen Daten über die Auswirkungen von Nanomaterialien, wenn sie über Lebensmittel aufgenommen werden und ihr Verhalten in der Umwelt. Die EFSA stellt fest, dass „das Verständnis über die möglichen Gefahren nach oraler Aufnahme von Nanomaterialien in den Kinderschuhen steckt“ (EFSA 2009; EFSA 2014). Die Royal Commission on Environmental Pollution zeigte sich bereits 2008 besorgt, dass es zu wenig Daten zu Umweltrisiken von Nanomaterialien gibt. Die Ignoranz dieser Tatsache wirft nach Meinung der Royal Commission on Environmental Pollution die Frage auf, in wie weit das Vertrauen in derzeitige Gesetze gerechtfertigt ist (RCEP 2008). Auch die EU Kommission bestätigt, dass Informationen über das Verhalten von synthetisch hergestellten Nanomaterialien in der Umwelt begrenzt ist (EU Kommission 2012 II).

Es gibt großen Forschungsbedarf beim Einsatz von Nanomaterialien in Lebensmitteln, Lebensmittelverpackungen und in der Landwirtschaft, unter anderem:

- Bei der Frage, ob Nanomaterial aus Verpackungen und Küchenutensilien in das Lebensmittel übergehen können.
- Bei der Frage, wie sich Nanomaterialien im Magen-Darm-Trakt verhalten, ob sie aufgenommen werden und wie sie sich im Körper verteilen.
- Zur Frage der Wirkungen von Nanopartikeln auf die inneren Organe und auf ungeborene Leben. Fehlende Daten in diesem Bereich bemängelte bereits 2006 das EU-Generaldirektorat für Gesundheits- und Verbraucherschutz (EFSA 2009).
- Zu Studien über die chronische Toxizität synthetischer Nanopartikel. Hier besteht die Schwierigkeit, dass Tierversuche mit einer Dauer von zwei Jahren nicht ausreichen, um diese Risiken zu erfassen. Beispielsweise konnte die zu Lungenkrebs führende Wirkung von Asbest nie im Tierversuch gezeigt werden (Magrez et al. 2006).

Daten zu Umweltrisiken sind unter anderem unbedingt erforderlich:

- Zur Frage, wie sich Nanomaterialien in der Umwelt – in Böden, Wasser, Luft – verhalten.
- Zur Frage, wie langlebig Nanomaterialien sind und ob sie in andere Formen transformiert werden (RCEP 2008).
- Zur Frage, welche chronischen Langzeit-Effekte Nanomaterialien in der Umwelt haben (SRU 2011).

## 9. Alternativen: Biolandwirtschaft und gesunde Ernährung

Eine der größten Herausforderungen der nächsten Jahrzehnte wird es sein, ausreichend und gesunde Lebensmittel für alle Menschen der Erde auf eine umweltverträgliche und sozial gerechte Weise zu produzieren. Die Befürworter der Nanotechnologie argumentieren, dass deren Einsatz in der Landwirtschaft zu geringeren Umweltbelastungen und höheren Ernteerträgen führen wird und die Lösung gegen Welthunger und Umweltzerstörung sei. Es ist jedoch zu befürchten, dass die Nanotechnologie, selbst wenn sie in einigen Bereichen Vorteile bringen mag, am Ende zu mehr Problemen führen wird.

### **Biolandwirtschaft ohne Nanomaterialien**

Deutsche Bioverbände distanzieren sich vom Einsatz der Nanotechnologien und schreiben in ihren Richtlinien fest, dass die Bioprodukte nicht mit Nanomaterialien hergestellt werden dürfen. Dies gilt auch für den Einsatz von Pestiziden. Zudem dürfen die Produktverpackungen der Lebensmittel und Getränke keine Nanomaterialien enthalten.

Der Anbauverband **Demeter** hat seinen Mitgliedern den Einsatz von Nanotechnologien in der Landwirtschaft und in der Lebensmittelproduktion verboten (Demeter International 2012). Auch der Verband **Naturland** hat die Verwendung von Nanomaterialien für Lebensmittel und Kosmetika ausgeschlossen. Dies gilt auch für die Verpackungen der Produkte und den Einsatz von Pestiziden in der Landwirtschaft (Naturland 2011). Seit Frühjahr 2012 müssen auch Landwirte, die bei **Bioland** organisiert sind, darauf achten, dass sie keine Nano-Pestizide einsetzen. Das Verbot für den Einsatz von Nanomaterialien gilt auch für Lebensmittel und Lebensmittelverpackungen (Bioland 2012).

In Deutschland werden viele Bioprodukte jedoch nach der EG-Ökoverordnung produziert und nicht unter den strengeren Bestimmungen eines der oben genannten Bioanbauverbände. Die EG-Ökoverordnung enthält bisher kein Verbot für den Einsatz von Nanomaterialien. Dies fordert dringend der Bund für ökologische Lebensmittelwirtschaft (BÖLW), da „Käufer von Bio-Produkten die Sicherheit erwarten, Produkte zu erwerben, die für Gesundheit und Natur unbedenklich sind. Ein Verbot aller anthropogener Nanostrukturen in Bio-Lebensmitteln sollte daher explizit in die EU-Öko-Verordnung aufgenommen werden“ (BÖLW 2011).

In Kanada gilt bereits seit 2010 ein Verbot von Nanomaterialien bei der Produktion biologischer Produkte. Dies wurde in die nationalen Bestimmungen für organischen Landbau aufgenommen. Dort wird Nanotechnologie unter der Rubrik „verbotene Substanz oder Methode“ geführt (FoE 2010). Auch die britische Soil Association (Soil Association 2013) und die Biological Farmers Australia (BFA) sprechen sich gegen den Einsatz von Nanomaterialien aus (nano-werk 2008).

Allerdings ist die Umsetzung der Anforderungen derzeit schwierig, da Hersteller nicht zu Angaben über den Einsatz von Nanomaterialien verpflichtet sind.

### **Nanotechnologie stärkt die industrielle Landwirtschaft**

Viele Verbraucher unterstützen den Wandel von einer stark industriellen Landwirtschaft hin zu einer zukunftsfähigen Alternative. Dies zeigt der wachsende Umsatz bei Biolebensmitteln (BÖLW 2014). Die Biobranche ist der am schnellsten wachsende Sektor des Lebensmittelmarktes. Angesichts des Klimawandels entsteht zudem ein größeres Bewusstsein für regionale Produkte, da dadurch der klimaschädliche CO<sub>2</sub>-Ausstoß durch Lebensmitteltransporte reduziert werden kann. Demgegenüber wird die Nanotechnologie unsere Abhängigkeit von einer chemie- und energieintensiven Landwirtschaft noch vergrößern. Nano-Agrochemikalien und Nanosensoren für das Management landwirtschaftlicher Betriebe sollen noch größere Produktionsflächen mit noch gleichförmigeren Pflanzen ermöglichen.

Auf diese Weise dient die neue Technologie dem Modell der industriellen Landwirtschaft mit seinen großen Monokulturen, die bereits im letzten Jahrhundert zu einem massiven Rückgang der Artenvielfalt, zur Verschmutzung von Grund- und Oberflächenwasser, zur Versalzung, zur Verschmutzung und Erosion des Bodens sowie sinkender Bodenfruchtbarkeit geführt hat.

### **Marktmacht großer Unternehmen wächst**

Weltweit werden mehr Nahrungsmittel produziert als für die Ernährung der gesamten Weltbevölkerung nötig sind. Aber die vorhandenen Lebensmittel sind extrem ungerecht verteilt.

Einer der Faktoren für die Ungerechtigkeit bei der weltweiten Lebensmittelverteilung ist, dass nur eine verschwindend geringe Anzahl internationaler Lebensmittelkonzerne den größten Teil des Weltmarkts für Lebensmittel beherrschen (U.S. DoA ERS 2005).

Und auch hier scheint es wahrscheinlich, dass die Nanotechnologie dazu führt, die Marktanteile der größten Hersteller von Agrochemikalien, der größten Lebensmittelverarbeitenden Firmen und der größten Lebensmittelhändler weiter anwachsen zu lassen (Scrinis und Lyons 2007). Denn die Nanotechnologie bringt großen Unternehmen weitere Vorteile: Durch die längere Haltbarkeit von Produkten in Nano-Verpackungen können weitere Wege zurückgelegt werden, in Nano-Kapseln eingebrachte Agrochemikalien, die nach Bedarf freigesetzt werden, führen zu einer Reduktion von Arbeitskräften in der Landwirtschaft, und auch auf Nanotechnologie basierende Überwachungssysteme für landwirtschaftliche Betriebe verstärken den Trend zu hochtechnologischen Abläufen, die kaum noch menschliche Arbeitskräfte benötigen (ETC Group 2004; Scrinis und Lyons 2007). Auch wenn es immer wieder zu steigenden Preisen bei bestimmten Lebensmitteln kommt, sind in den letzten Jahrzehnten die Preise für landwirtschaftliche Produkte insgesamt gefallen. Die Löhne der Landwirte stagnieren oder sinken. Weltweit müssen sich Bauern abmühen, um ihre Existenz bestreiten zu können (Hisano und Altoe 2002; La Via Campesina und Federasi Serikat Petani Indonesia 2006; Philpott 2006). Eine Verstärkung der industriellen Landwirtschaft durch den Einsatz der Nanotechnologie wird dazu führen, dass noch weniger Menschen von der Landwirtschaft leben können, während die Macht weniger Konzerne weiter wächst.

#### Alternativen

Statt die mit Nano-Lebensmitteln verbundenen Risiken für Umwelt und Gesundheit als Lösung für die weit verbreiteten ernährungsbedingten Erkrankungen in Kauf zu nehmen, empfiehlt der BUND eine gesunde Ernährung mit minimal verarbeiteten biologisch erzeugten und fair gehandelten Lebensmitteln („Real Food“). Anstatt Nano-Agrochemikalien, Nano-Saatgut und Nano-Überwachungssysteme einzusetzen, sollte eine kleinteilige, ökologisch zukunftsfähige Landwirtschaft („Real Farming“) gefördert werden, die zudem einen positiven sozialen Beitrag leistet.

#### Real Food – Unverfälschte Lebensmittel

„Real Food“ bedeutet, dass Lebensmittel nach den Kriterien des ökologischen Landbaus produziert und minimal verarbeitet werden, dass sie unter fairen Bedingungen gehandelt werden, dass sie erschwinglich sind für alle Mitglieder der Gesellschaft und dass möglichst auf regionale Produkte mit geringen Transportwegen zurückgegriffen wird.

#### Real Farming – Ökologische bäuerliche Landwirtschaft

„Real Farming“ bedeutet bäuerliche Landwirtschaft nach den Kriterien des ökologischen Landbaus. Real Farming produziert Waren, die sicher für die Umwelt und die menschliche Gesundheit sind, die ein faires Einkommen und faire Arbeitsbedingungen für die Landwirte gewährleisten und das Recht lokaler Produzenten auf Nahrungsmittel-Souveränität achten.

#### Forderungen

##### Moratorium für Nanomaterialien im Lebensmittelbereich und in der Landwirtschaft

Der BUND fordert ein Moratorium für den Einsatz von Nanomaterialien im Lebensmittelsektor für die nachfolgend aufgeführten Produkte:

- Lebensmittel, Lebensmittelzusatzstoffe und Nahrungsergänzungsmittel, die synthetische Nanomaterialien enthalten,
- Lebensmittelverpackungen, die Nanomaterialien enthalten und die Lebensmittel kontaminieren können,
- Küchenutensilien und -geräte, die Nanomaterialien enthalten und die Lebensmittel kontaminieren können, sowie
- Agrochemikalien, die synthetische Nanomaterialien enthalten.

Dieses Moratorium muss solange bestehen, bis

- wirksame nanospezifische Regelungen in Kraft sind, die mögliche Risiken hinreichend sicher ausschließen,
- Daten zur Risikobewertung vorliegen, die die Sicherheit der verwendeten Nanomaterialien vor gesundheits- und umweltschädlichen Wirkungen belegen, und eine ausreichende Vorsorge ermöglichen, sowie
- für Verbraucher Wahlfreiheit zwischen Nano-Produkten und nano-freien Produkten gewährleistet ist.

# 10. Forderungen an die Politik

## **Keine Daten – kein Markt**

Alle gesetzlichen Regelwerke, die Lebensmittelzusatzstoffe, Nahrungsergänzungsmittel und Materialien, die mit Lebensmitteln in Kontakt kommen, behandeln, müssen dahin gehend ergänzt werden, dass nanospezifische Sicherheitstests verpflichtend vorgeschrieben werden. Solange keine ausreichenden Daten vorgelegt werden, die mögliche Gefahren für die menschliche Gesundheit hinreichend sicher ausschließen und eine sichere und dem Prinzip der Vorsorge folgende Verwendung demonstrieren, darf ein Produkt nicht vermarktet werden. Es gilt der Grundsatz: Keine Daten–kein Markt.

## **Nanomaterialien sind als Neustoffe zu behandeln**

Alle Nanomaterialien müssen auch chemikalienrechtlich als Neustoffe eingestuft werden und spezifisch für sie entwickelte Sicherheitstests und Risikobewertungen für Umwelt und Gesundheit durchlaufen. Dies muss auch dann erfolgen, wenn die Eigenschaften von Makro-Teilchen der gleichen Substanz als ungefährlich eingestuft wurden. Die Risikobewertung muss dem Vorsorgeprinzip folgen und muss sich auf den gesamten Lebenszyklus der entsprechenden Produkte erstrecken. Auch die möglichen sozialen und wirtschaftlichen Auswirkungen müssen berücksichtigt werden.

## **Sicherheitsdaten zur Verfügung stellen**

Alle für die Sicherheitsbeurteilung relevanten Daten und Informationen, einschließlich angewandter Methoden, Verwendungszweck, Ergebnissen von Sicherheitstests und Risikoabschätzungen, werden der Fachöffentlichkeit zugänglich gemacht; sie ist bei der Risikobewertung einzubeziehen. Die Bündelung, Aufbereitung und gezielte Bereitstellung dieser Informationen ist Aufgabe der Behörden und muss zeitnah geleistet werden.

## **Kennzeichnungspflicht schaffen**

Alle in Lebensmitteln, Lebensmittelverpackungen, Küchenutensilien und –geräten enthaltenen synthetischen Nanomaterialien müssen eindeutig auf Produktverpackungen oder Geräten kenntlich gemacht werden. Dies gilt auch für Agrochemikalien, die synthetische Nanomaterialien enthalten.

Außerdem muss umfassend über mögliche Wirkungen der eingesetzten Stoffe auf Umwelt und Gesundheit informiert werden.

## **Erweiterung der Definition für Nanomaterialien**

Materialien sollen auch dann einer nanospezifischen Regulierung unterworfen werden, wenn sie in allen Dimensionen größer als 100 nm sind, aber in ihren Eigenschaften den Materialien unter 100 nm vergleichbar sind und sich in ihrem Verhalten grundlegend von größeren Partikeln des gleichen Stoffes unterscheiden. Dieses ist in vielen Fällen für Materialien bis zu 300 nm der Fall. Bei Vorliegen entsprechender Daten über Gesundheits- und Umweltrisiken sowie spezifischer Eigenschaften auch noch größerer Partikel muss diese Definition gegebenenfalls noch weiter angepasst werden.

## **Ausreichend Mittel zur Erforschung der Risiken bereitstellen**

Die Fördermittel für die Erforschung der möglichen Risiken sind auf eine Höhe von ca. 10-15 Prozent der gesamten Fördermittel für die Nanotechnologie anzuheben und entsprechend der Empfehlungen der Forschungsstrategie der Bundesbehörden bzw. der Nanokommission sofort bereitzustellen.

## **Forderungen an Hersteller und Handel**

Produzenten und Handel müssen ihrer Verpflichtung nachkommen, nur Produkte auf den Markt zu bringen, die weder für die menschliche Gesundheit noch die Umwelt gefährlich sein können. Der Verkauf von Nano-Lebensmitteln darf nicht stattfinden, solange Risiken für die Gesundheit der Verbraucher und die Umwelt nicht hinreichend sicher ausgeschlossen werden können.

Alle für die Sicherheitsbeurteilung relevanten Daten, einschließlich der angewandten Methoden sowie der Begründungen und Ergebnisse der Risikobewertung, müssen für die Fachöffentlichkeit zugänglich gemacht werden.

Hersteller und Handel müssen dafür Sorge tragen (ggf. aufgrund rechtlicher Bestimmungen), dass durch eine Produktkennzeichnung die Wahlfreiheit der Kunden zwischen Nano-Produkten und nano-freien Produkten gewährleistet ist.

# Literatur

- Academy of Nutrition and Dietetics 2014. Are Health Claims of Functional and Fortified Foods True? Online verfügbar: [www.eatright.org/resource/food/nutrition/healthy-eating/functional-foods](http://www.eatright.org/resource/food/nutrition/healthy-eating/functional-foods) (eingesehen am 07.01.2016)
- AGES (Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit) 2010. NANO-Nahrungsergänzungsmittel und Bioverfügbarkeit. Online verfügbar unter: [www.bmg.gv.at/cms/site/attachments/3/4/7/CH1180/CMS126709081939\\_7/nahrungsergaenzungsmittel\\_u\\_bioverfuegbarkeit.pdf](http://www.bmg.gv.at/cms/site/attachments/3/4/7/CH1180/CMS126709081939_7/nahrungsergaenzungsmittel_u_bioverfuegbarkeit.pdf) (eingesehen am 10.01.2016)
- Agrarius ohne Datum. Charakteristik von NANO-GRO. Online verfügbar: [www.agrarius.eu/old/de/charakteristik-von-nano-gro.html](http://www.agrarius.eu/old/de/charakteristik-von-nano-gro.html) (eingesehen am 10.01.2016)
- aid Informationsdienst 2011. Nanotechnologien bei Lebensmitteln. Online verfügbar unter: <http://shop.aid.de/0085/nanotechnologien-bei-lebensmitteln> (eingesehen am 15.01.2016)
- AquaNova ohne Datum. Überblick. Online verfügbar: [www.aquanova.de/Produkte](http://www.aquanova.de/Produkte) (eingesehen am 07.01.2016)
- AquaNova ohne Datum II. Produkt Micelle. Online verfügbar: [www.aquanova.de/Produkt\\_Micelle](http://www.aquanova.de/Produkt_Micelle) (eingesehen am 07.01.2016)
- As You Sow 2013. Slipping through the cracks. Online verfügbar unter: [www.asyousow.org/health\\_safety/nanoissuebrief.shtml](http://www.asyousow.org/health_safety/nanoissuebrief.shtml) (eingesehen am 06.01.2016)
- As You Sow 2015. Dunkin' Donuts to Remove Nanomaterials from Powdered Donuts. Online verfügbar: [www.asyousow.org/wp-content/uploads/2015/03/release-dunkin-donuts-to-remove-nanomaterials-from-powdered-donuts.pdf](http://www.asyousow.org/wp-content/uploads/2015/03/release-dunkin-donuts-to-remove-nanomaterials-from-powdered-donuts.pdf) (eingesehen am 06.01.2016)
- BASF ohne Datum. LycoVit® Zur Anreicherung und Färbung von Lebensmitteln (Lykopen). Online verfügbar unter: <http://product-finder.basf.com/group/corporate/product-finder/de/brand/LYCOVIT> (eingesehen am 06.01.2016)
- BASF ohne Datum 2. Forschung. Online verfügbar: [www.nanotechnology.basf.com/group/corporate/nanotechnology/de\\_DE/microsites/nanotechnology/research/index](http://www.nanotechnology.basf.com/group/corporate/nanotechnology/de_DE/microsites/nanotechnology/research/index) (eingesehen am 07.01.2016)
- Ballestri M, Baraldi A, Gatti A, Furci L, Bagni A, Loria P, Rapana R, Carulli N, Albertazzi A. 2001. Liver and kidney foreign bodies granulomatosis in a patient with malocclusion, bruxism, and worn dental prostheses. *Gastroenterol* 121 V:1234-8.
- Battin, T. J., Von der Kammer, F., Weilhartner, A., Ottofuelling, S. und Hofmann, T., 2009. Nanostructured TiO<sub>2</sub>: Transport Behavior and Effects on Aquatic Microbial Communities under Environmental Conditions, *Environmental Science & Technology* 43(21), 8098-8104.
- BAuA / VCI 2012 (Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin und Verband der Chemischen Industrie e.V.). Empfehlung für die Gefährdungsbeurteilung bei Tätigkeiten mit Nanomaterialien am Arbeitsplatz. Online verfügbar unter: [www.baua.de/de/Publikationen/Fachbeitraege/Gd4.pdf;jsessionid=CADC13272E289491D6F5E0B419A45018.1\\_cid253?\\_\\_blob=publicationFile&tv=5](http://www.baua.de/de/Publikationen/Fachbeitraege/Gd4.pdf;jsessionid=CADC13272E289491D6F5E0B419A45018.1_cid253?__blob=publicationFile&tv=5) (eingesehen am 13.01.2016)
- BAuA (Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin) 2013. Gesetzeslage zum Schutz der Arbeitnehmer. Online verfügbar unter: [www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Gefahrstoffe/Nanotechnologie/Gesetzeslage.html;jsessionid=4FC2433E379ECA8E08779A3A56DE25D1.1\\_cid389](http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Gefahrstoffe/Nanotechnologie/Gesetzeslage.html;jsessionid=4FC2433E379ECA8E08779A3A56DE25D1.1_cid389) (eingesehen am 13.01.2016)
- Beane Freeman L. et al. 2005. Cancer Incidence among Male Pesticide Applicators in the Agricultural Health Study Cohort Exposed to Diazinon. *Am J Epidemiol* 162(11): 1070-1079.
- Beyond Pesticides ohne Datum. Products Containing Triclosan. Online verfügbar: [www.beyondpesticides.org/programs/antibacterials/triclosan/products-containing-triclosan](http://www.beyondpesticides.org/programs/antibacterials/triclosan/products-containing-triclosan) (eingesehen am 07.01.2016)
- BfR (Bundesinstitut für Risikobewertung) 2005. Nutzen und Risiken von Vitaminen und Mineralstoffen in Lebensmitteln neu bewertet, Pressemitteilung vom 17.01.2005.
- BfR (Bundesinstitut für Risikobewertung) 2006. Antibakterielle Beschichtungen in Kühlschränken sind kein Ersatz für die regelmäßige Reinigung. Online verfügbar unter: [www.bfr.bund.de/de/presseinformation/2006/03/antibakterielle\\_beschichtungen\\_in\\_kuehlschraenken\\_sind\\_kein\\_ersatz\\_fuer\\_die\\_regelmaessige\\_reinigung-7283.html](http://www.bfr.bund.de/de/presseinformation/2006/03/antibakterielle_beschichtungen_in_kuehlschraenken_sind_kein_ersatz_fuer_die_regelmaessige_reinigung-7283.html) (eingesehen am 08.01.2016)
- BfR (Bundesinstitut für Risikobewertung) 2008. Nanomaterialien in Lebensmittelverpackungen. Online verfügbar unter: [www.bfr.bund.de/cm/343/nanomaterialien\\_in\\_lebensmittelverpackungen.pdf](http://www.bfr.bund.de/cm/343/nanomaterialien_in_lebensmittelverpackungen.pdf) (eingesehen am: 07.01.2016)
- BfR (Bundesinstitut für Risikobewertung) 2009. Die Datenlage zur Bewertung der Anwendung der Nanotechnologie in Lebensmitteln und Lebensmittelbedarfsgegenständen ist derzeit noch unzureichend. Online verfügbar unter: [www.bfr.bund.de/cm/343/die\\_datenlage\\_zur\\_bewertung\\_der\\_nanotechnologie\\_in\\_lebensmitteln.pdf](http://www.bfr.bund.de/cm/343/die_datenlage_zur_bewertung_der_nanotechnologie_in_lebensmitteln.pdf) (eingesehen am 08.01.2016)
- BfR (Bundesinstitut für Risikobewertung) 2010. BfR rät von Nanosilber in Lebensmitteln und Produkten des täglichen Bedarfs ab. Online verfügbar unter: [www.bfr.bund.de/cm/343/bfr\\_raet\\_von\\_nanosilber\\_in\\_lebensmitteln\\_und\\_produkten\\_des\\_taeglichen\\_bedarfs\\_ab.pdf](http://www.bfr.bund.de/cm/343/bfr_raet_von_nanosilber_in_lebensmitteln_und_produkten_des_taeglichen_bedarfs_ab.pdf) (eingesehen am 16.01.2016)
- BfR (Bundesinstitut für Risikobewertung) 2012. Nanosilber: Fortschritte in der Analytik, Lücken bei Toxikologie und Exposition. Online verfügbar unter: [www.bfr.bund.de/de/presseinformation/2012/08/nanosilber\\_fortschritte\\_in\\_der\\_analytik\\_luecken\\_bei\\_toxikologie\\_und\\_exposition-128936.html](http://www.bfr.bund.de/de/presseinformation/2012/08/nanosilber_fortschritte_in_der_analytik_luecken_bei_toxikologie_und_exposition-128936.html) (eingesehen am 16.01.2016)
- BfR (Bundesinstitut für Risikobewertung) 2012 II. Risikobewertung von Nanomaterialien. Vortrag von Dr. Andrea Haase. Online verfügbar unter: [www.bfr.bund.de/cm/343/risikobewertung-von-nanomaterialien.pdf](http://www.bfr.bund.de/cm/343/risikobewertung-von-nanomaterialien.pdf) (eingesehen am 13.01.2016)
- BfR (Bundesamt für Risikobewertung) 2012 III. Aktuelle Aspekte der Risikobewertung von Nanomaterialien in Lebensmitteln. Vortrag Prof. Dr. Dr. Alfonso Lampen. Online verfügbar unter: [www.nanobionet.de/fileadmin/Dateien/Size\\_Matters\\_2013/lampen%20Risikobewertung%20von%20nanomaterialien.pdf](http://www.nanobionet.de/fileadmin/Dateien/Size_Matters_2013/lampen%20Risikobewertung%20von%20nanomaterialien.pdf) (eingesehen am 13.01.2016)
- BfR / UBA (Bundesinstitut für Risikobewertung und Umweltbundesamt) 2010. Beurteilung eines möglichen Krebsrisikos von Nanomaterialien und von aus Produkten freigesetzten Nanopartikeln. Online verfügbar unter: [www.bfr.bund.de/cm/343/beurteilung\\_eines\\_moeglichen\\_krebsrisikos\\_von\\_nanomaterialien\\_und\\_von\\_aus\\_produkten\\_freigesetzten\\_nanopartikeln.pdf](http://www.bfr.bund.de/cm/343/beurteilung_eines_moeglichen_krebsrisikos_von_nanomaterialien_und_von_aus_produkten_freigesetzten_nanopartikeln.pdf) (eingesehen am 14.01.2016)
- Bioland 2012. Bioland ohne Nanotechnologie. Online verfügbar unter: [http://biohof-am-jakobsweg.de/fileadmin/pdf/Richtlinien\\_26\\_Maerz\\_2012\\_01.pdf](http://biohof-am-jakobsweg.de/fileadmin/pdf/Richtlinien_26_Maerz_2012_01.pdf) (eingesehen am 16.01.2016)
- BioSuisse ohne Datum. Nanotechnologie-Anwendungen im Lebensmittelbereich am Beispiel von PET-Flaschen. Online verfügbar unter: [www.bio-suisse.ch/media/VundH/factsheet\\_nano\\_pet.pdf](http://www.bio-suisse.ch/media/VundH/factsheet_nano_pet.pdf) (eingesehen am 08.01.2016)
- BMBF (Bundesministerium für Bildung und Forschung) 2011. Aktionsplan Nanotechnologie 2015. online verfügbar unter: [www.bmbf.de/pub/aktionsplan\\_nanotechnologie.pdf](http://www.bmbf.de/pub/aktionsplan_nanotechnologie.pdf) (eingesehen am 13.01.2016)
- BMBF (Bundesministerium für Bildung und Forschung) 2014. Nanotechnologie Report 2013. Online verfügbar: [www.bmbf.de/pub/nano.DE-Report\\_2013\\_bf.pdf](http://www.bmbf.de/pub/nano.DE-Report_2013_bf.pdf) (eingesehen am 06.01.2015)
- BMEL ohne Datum. Neue Novel Food-Verordnung tritt in Kraft. Online verfügbar: [www.bmel.de/DE/Ernaehrung/SichereLebensmittel/SpezielleLebensmittelUndZusaeetze/NovelFood/\\_Texte/DossierNovelFood.html?docId=6954070](http://www.bmel.de/DE/Ernaehrung/SichereLebensmittel/SpezielleLebensmittelUndZusaeetze/NovelFood/_Texte/DossierNovelFood.html?docId=6954070) (eingesehen am 13.01.2016)
- BMG (Bundesministerium für Gesundheit Österreich) 2010. Zusatzstoffe, Aromen und Enzyme in der Lebensmittelindustrie. Online verfügbar unter: [http://bmg.gv.at/cms/home/attachments/5/8/9/CH1403/CMS1391427607538/forschungsbericht\\_zusatzstoffe\\_aromen\\_enzyme\\_2010.pdf](http://bmg.gv.at/cms/home/attachments/5/8/9/CH1403/CMS1391427607538/forschungsbericht_zusatzstoffe_aromen_enzyme_2010.pdf) (eingesehen am 15.01.2016)
- BMJV (Bundesministerium für Justiz und Verbraucherschutz) 2013. Lebensmittel- und Futtermittelgesetzbuch in der Fassung der Bekanntmachung vom 3. Juni 2013. Online verfügbar unter: [www.gesetze-im-internet.de/lfgb/BJNR261810005.html](http://www.gesetze-im-internet.de/lfgb/BJNR261810005.html) (eingesehen am 11.01.2016)
- Böckmann, J., et al. 2000. Blood titanium levels before and after oral administration titanium dioxide. Abstract online verfügbar unter: [www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10723775](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10723775) (eingesehen am 16.01.2016)
- BÖLW (Bund Ökologische Lebensmittelwirtschaft) 2011. Nanotechnologie Stellungnahme zur Verwendung in der Lebensmittelverarbeitung. Online verfügbar unter: [www.boelw.de/uploads/media/pdf/Dokumentation/Stellungnahmen/Nanotechnologie\\_Stellungnahme\\_110623.pdf](http://www.boelw.de/uploads/media/pdf/Dokumentation/Stellungnahmen/Nanotechnologie_Stellungnahme_110623.pdf) (eingesehen am 15.01.2016)
- BÖLW (Bund Ökologische Lebensmittelwirtschaft) 2014. Bio-Branchenentwicklung: Zahlen, Daten, Fakten. [www.boelw.de/zahledatenfakten.html#c3014](http://www.boelw.de/zahledatenfakten.html#c3014)
- Brennan, Bryony 2012. Nanobiotechnology in Agriculture. In: *Strategic Business Insights*. Online verfügbar unter: [www.strategicbusinessinsights.com/about/featured/2012/2012-10-nanobio-agriculture.shtml#.UTTRDft\\_j86](http://www.strategicbusinessinsights.com/about/featured/2012/2012-10-nanobio-agriculture.shtml#.UTTRDft_j86) (eingesehen am 08.01.2016)

- 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
- BUND ohne Datum. Nanobiozide als Haushaltsgifte – die Kennzeichnung ist da! Online verfügbar: [www.bund.net/themen\\_und\\_projekte/nanotechnologie/recht\\_politik/nanobiozide/](http://www.bund.net/themen_und_projekte/nanotechnologie/recht_politik/nanobiozide/) (eingesehen am 12.01.2016)
- BUND ohne Datum II. Nanoproduktdatenbank. Online verfügbar: [www.bund.net/themen\\_und\\_projekte/nanotechnologie/nanoproduktdatenbank/](http://www.bund.net/themen_und_projekte/nanotechnologie/nanoproduktdatenbank/) (eingesehen am 12.01.2016)
- BUND 2008. Aus dem Labor auf den Teller. Die Nutzung der Nanotechnologie im Lebensmittelsektor. [www.bund.net/fileadmin/bundnet/publikationen/nanotechnologie/20080311\\_nanotechnologie\\_lebensmittel\\_studie.pdf](http://www.bund.net/fileadmin/bundnet/publikationen/nanotechnologie/20080311_nanotechnologie_lebensmittel_studie.pdf) (eingesehen am 10.01.2016)
- BUND 2009. Nano-Silber–Der Glanz täuscht. Online verfügbar unter: [www.bund.net/fileadmin/bundnet/publikationen/nanotechnologie/20091202\\_nanotechnologie\\_nanosilber\\_studie.pdf](http://www.bund.net/fileadmin/bundnet/publikationen/nanotechnologie/20091202_nanotechnologie_nanosilber_studie.pdf) (eingesehen am 16.01.2016)
- BUND et al. 2011. NGO recommendations for the European definition of nanomaterials. Online verfügbar unter: <http://www.eeb.org/EEB/?LinkServID=786D7972-E60E-4E4B-62D10C1688545001> (eingesehen am 11.01.2016)
- BUND et al. 2012. Höchste Zeit, Nanomaterialien zu regulieren. Online verfügbar unter: [www.bund.net/fileadmin/bundnet/pdfs/nanotechnologie/121112\\_bund\\_nanotechnologie\\_regulierung\\_gesetzesvorschlag.pdf](http://www.bund.net/fileadmin/bundnet/pdfs/nanotechnologie/121112_bund_nanotechnologie_regulierung_gesetzesvorschlag.pdf) (eingesehen am 11.01.2016)
- BUND 2014. „Nanomaterialien in Kosmetika“. Online verfügbar: [www.bund.net/fileadmin/bundnet/publikationen/nanotechnologie/140715\\_bund\\_nanotechnologie\\_nanosmetik\\_faltblatt.pdf](http://www.bund.net/fileadmin/bundnet/publikationen/nanotechnologie/140715_bund_nanotechnologie_nanosmetik_faltblatt.pdf) (eingesehen am 12.01.2016)
- BUND 2015. Faltblatt „Nanomaterialien in Lebensmitteln“. Online verfügbar: [www.bund.net/fileadmin/bundnet/publikationen/nanotechnologie/150806\\_bund\\_nanotechnologie\\_nano\\_in\\_lebensmitteln\\_faltblatt.pdf](http://www.bund.net/fileadmin/bundnet/publikationen/nanotechnologie/150806_bund_nanotechnologie_nano_in_lebensmitteln_faltblatt.pdf) (eingesehen am 11.01.2016)
- Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik 2005. Risiken und Chancen des Einsatzes von RFID-Systemen. Online verfügbar: [www.bsi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/BSI/ElekAusweise/RFID/RIKCHA\\_barrierefrei\\_pdf.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](http://www.bsi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/BSI/ElekAusweise/RFID/RIKCHA_barrierefrei_pdf.pdf?__blob=publicationFile) (eingesehen am 08.01.2016)
- Bundesrat 2013. Drucksache 344/13 (Beschluss) 05.07.13 Entschließung des Bundesrates zur Einrichtung eines Nanoprodukt-Registers. Online verfügbar unter: [www.bundesrat.de/SharedDocs/drucksachen/2013/0301-0400/344-13\(B\).pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=3](http://www.bundesrat.de/SharedDocs/drucksachen/2013/0301-0400/344-13(B).pdf?__blob=publicationFile&v=3) (eingesehen am 11.01.2016)
- Bundesregierung 2004. Verordnung über Nahrungsergänzungsmittel (NemV) Online verfügbar unter: [www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/nemv/gesamt.pdf](http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/nemv/gesamt.pdf) (eingesehen am 13.01.2016)
- Bundesregierung 2011. Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Karin Binder, Dr. Petra Sitte, Caren Lay, weiterer Abgeordneter und der Fraktion DIE LINKE. – Drucksache 17/5643 – Einordnung gesundheitlicher und umweltbezogener Risiken der Nanotechnologie. Online verfügbar unter: <http://dipbt.bundestag.de/dip21/btd/17/057/1705744.pdf> (eingesehen am 13.01.2016)
- Bundesregierung 2012. Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Nicole Maisch, Krista Sager, Dorothea Steiner, weiterer Abgeordneter und der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN – Drucksache 17/8658 Umgang der Bundesregierung mit den Ergebnissen und Empfehlungen der Nano-Kommission. Online verfügbar unter: <http://dip21.bundestag.de/dip21/btd/17/088/1708885.pdf> (eingesehen am 11.01.2016)
- Bundschu, Mirco et al. 2012. Titanium dioxide nanoparticles increase sensitivity in the next generation of the water flea *Daphnia magna*. Online verfügbar unter: [www.plosone.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0048956](http://www.plosone.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0048956) (eingesehen am 16.01.2016)
- BVL (Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit) 2012. Liste der Pflanzstärkungsmittel unter Berücksichtigung der Übergangsvorschrift. (eingesehen am 10.07.2012) Online nicht mehr verfügbar.
- BVL (Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit) 2015. Absatz an Pflanzenschutzmitteln in der Bundesrepublik Deutschland. Online verfügbar: [www.bvl.bund.de/SharedDocs/Downloads/04\\_Pflanzenschutzmittel/meld\\_par\\_19\\_2014.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=5](http://www.bvl.bund.de/SharedDocs/Downloads/04_Pflanzenschutzmittel/meld_par_19_2014.pdf?__blob=publicationFile&v=5) (eingesehen am 08.01.2016)
- BVL (Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit) 2015 II. Zulassung der Pflanzenschutzmittel PRIMO MAXX und BANNER MAXX widerrufen. Online verfügbar: [www.bvl.bund.de/DE/04\\_Pflanzenschutzmittel/05\\_Fachmeldungen/2015/2015\\_11\\_02\\_Fa\\_Zulassung\\_Pflanzenschutzmittel\\_PRIMO\\_MAX\\_X\\_BANNER\\_MAXX.html?nn=1471850](http://www.bvl.bund.de/DE/04_Pflanzenschutzmittel/05_Fachmeldungen/2015/2015_11_02_Fa_Zulassung_Pflanzenschutzmittel_PRIMO_MAX_X_BANNER_MAXX.html?nn=1471850) (eingesehen am 10.01.2016)
- Canadian Chemical News 2012. Vive la Crop! Online verfügbar: [www.vivecrop.com/ACCN\\_April2012.pdf](http://www.vivecrop.com/ACCN_April2012.pdf) (eingesehen am 08.01.2016)
- Cargil 2009. Written Evidence from Cargill. Online verfügbar unter: [www.parliament.uk/documents/lords-committees/science-technology/st17cargillev081409.pdf](http://www.parliament.uk/documents/lords-committees/science-technology/st17cargillev081409.pdf) (eingesehen am 06.01.2016)
- ChemEurope.com 2009. Nanoparticles used in common household items caused genetic damage in mice. Online verfügbar unter: [www.chemurope.com/en/news/109581/nanoparticles-used-in-common-household-items-caused-genetic-damage-in-mice.html](http://www.chemurope.com/en/news/109581/nanoparticles-used-in-common-household-items-caused-genetic-damage-in-mice.html) (eingesehen am 14.01.2016)
- ChemicalWatch 2013. ECHA calls for nano data in REACH dossiers.
- ChemicalWatch 2014. EU nanomaterials register looks unlikely. Online verfügbar unter: <http://chemicalwatch.com/22241/eu-nanomaterials-register-looks-unlikely?q=cas%20nano> (eingesehen am 12.01.2016)
- Chen M, von Mikecz A. 2005. Formation of nucleoplasmic protein aggregates impairs nuclear function in response to SiO<sub>2</sub> nanoparticles. *Experiment Cell Res* 305:51–62.
- Chen L, Remondetto G, Subirade M. 2006. Food protein-based materials as nutraceutical delivery systems. *Trends Food Sci Technol* 17:272–283.
- CIEL, ECOS, Öko-Institut 2015. Revision of REACH Annexes for Nanomaterials – Position Paper. Online verfügbar: [www.oeko.de/oekodoc/2389/2015-548-en.pdf](http://www.oeko.de/oekodoc/2389/2015-548-en.pdf) (eingesehen am 15.01.2016)
- Coop ohne Datum. Code of Conduct Nanotechnologien. Online verfügbar unter: [www.coop.ch/pb/site/nachhaltigkeit/node/64238651/Lde/index.html](http://www.coop.ch/pb/site/nachhaltigkeit/node/64238651/Lde/index.html) (eingesehen am 11.01.2016)
- Correia, Sara et al. 2013. The toxicity, transport and uptake of nanoparticles in the in vitro BeWo b30 placental cell barrier model used within Nano TEST, Abstract online verfügbar unter: <http://informahealthcare.com/doi/abs/10.3109/17435390.2013.833317> (eingesehen am 10.01.2016)
- CTC Nanotechnology ohne Datum. Nanobionische Papier und Kartonimprägung. Online verfügbar unter: [www.ctc-nanotechnology.com/nanoprodukte\\_industrie.html](http://www.ctc-nanotechnology.com/nanoprodukte_industrie.html) (eingesehen am 08.01.2016)
- Daniells, S. 2007. Thing big, think nano. *Food Navigator.com Europe* 19. Dezember 2007. Online verfügbar unter: [www.foodnavigator.com/Ingredients/Flavours-and-colours/Think-big-think-nano2](http://www.foodnavigator.com/Ingredients/Flavours-and-colours/Think-big-think-nano2) (eingesehen am 06.01.2016).
- Danish EPA 2013 Systemic Absorption of Nanomaterials by Oral Exposure. Online verfügbar: <http://orbit.dtu.dk/files/59606121/Systemic%20absorption%20of%20nanomaterials%20by%20oral%20exposure%20978-87-93026-51-3.pdf> (eingesehen am 15.01.2016)
- Danish Government 2014. Order on a register of mixtures and articles that contain nanomaterials as well as the requirement for producers and importers to report to the register. Online verfügbar: <http://eng.mst.dk/topics/chemicals/nanomaterials/the-danish-nanoproduct-register/> (eingesehen am 12.01.2016)
- Das R, Selke S, Harte J. 2007. Development of electronic nose method for evaluation of HDPE flavour characteristics correlated with organoleptic testing. *Packaging Technology and Science* 20:125–136.
- Davidson C, Knapp A. 2007. Multiple stressors and amphibian declines: Dual impacts of pesticides and fish on yellow-legged frogs. *Ecol Applications* 17 II: 587–597.
- Dekkers, Susan; et al. 2011. RIVM (National Institute for Public Health and the Environment Niederlande). Presence and risks of nanosilica in food products. Online verfügbar unter: [www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20868236](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20868236) (eingesehen am 16.01.2016)
- Demeter International 2012. Richtlinien Verarbeitung. Online verfügbar unter: [www.demeter.at/tl\\_files/demeter/DI%20processing%20stds%20Demeter%20Biodynamic%2012-d.pdf](http://www.demeter.at/tl_files/demeter/DI%20processing%20stds%20Demeter%20Biodynamic%2012-d.pdf) (eingesehen am 15.01.2016)
- DNMI (Deutsche Network Marketing Institut) ohne Datum. Kolloidales Silber 200ml. Online nicht mehr verfügbar.
- Doktor-Klaus.de ohne Datum. Kolloidales Silber & Kolloidales Gold Angebot. Online verfügbar unter: [www.doktor-klaus.de/kolloidales-silber-gold/index.php](http://www.doktor-klaus.de/kolloidales-silber-gold/index.php) (eingesehen am 07.01.2016)
- Downs C. 2003. Excessive Vitamin A Consumption and Fractures: How Much is Too Much? *Nutrition Bytes*: 9 I.
- EEB (European Environmental Bureau) 2013. Santos, Tatjana. The Commission's new strategy for wasting time is a public consultation on six options for changing the REACH annexes (CW 24 June 2013). Respondents are asked to give their opinion on "cost, safety and overall efficiency of the regulatory process". (In: *ChemicalWatch*. Guest column: nano & REACH, Tatjana Santos, EEB.
- Efsa (Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit) ohne Datum. Nanotechnologie. Online verfügbar unter: [www.efsa.europa.eu/de/topics/topic/nanotechnology.htm](http://www.efsa.europa.eu/de/topics/topic/nanotechnology.htm) (eingesehen am 06.01.2016)

EFSA (Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit) 2008. Inability to assess the safety of a silver hydrosol added for nutritional purposes as a source of silver in food supplements and the bioavailability of silver from this source based on the supporting dossier. Online verfügbar unter: [www.efsa.europa.eu/de/efsajournal/doc/884.pdf](http://www.efsa.europa.eu/de/efsajournal/doc/884.pdf) (eingesehen am 07.01.2016)

EFSA (Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit) 2009. The Potential Risks Arising from Nanoscience and Nanotechnologies on Food and Feed Safety. Online verfügbar unter: [www.efsa.europa.eu/sites/default/files/scientific\\_output\\_files/main\\_documents/sc\\_op\\_ej958\\_nano\\_en\\_3.pdf](http://www.efsa.europa.eu/sites/default/files/scientific_output_files/main_documents/sc_op_ej958_nano_en_3.pdf) (eingesehen am 07.01.2016)

EFSA (Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit) 2009 II. Scientific Opinion of the Panel on Plant Protection Products and their Residues (PPR). Online verfügbar unter: [www.efsa.europa.eu/de/efsajournal/doc/1171.pdf](http://www.efsa.europa.eu/de/efsajournal/doc/1171.pdf) (eingesehen am 13.01.2016)

EFSA (Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit) 2011. Guidance on the risk assessment of the application of nanoscience and nanotechnologies in the food and feed chain. Online verfügbar unter: [www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/doc/2140.pdf](http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/doc/2140.pdf) (eingesehen am 13.01.2016)

EFSA (Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit) 2011 II. Scientific Opinion on re-evaluation of calcium carbonate (E 170) as a food additive. Online verfügbar unter: [www.efsa.europa.eu/de/efsajournal/pub/2318.htm](http://www.efsa.europa.eu/de/efsajournal/pub/2318.htm) (eingesehen am 15.01.2016)

EFSA (Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit) 2014. EXTERNAL SCIENTIFIC REPORT

Inventory of Nanotechnology applications in the agricultural, feed and food sector. CFT/EFSA/FEED/2012/01. Online verfügbar: <http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/doc/621e.pdf> (eingesehen am 08.01.2016)

EFSA (Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit) 2014 II. Statement on the safety assessment of the substance silicon dioxide, silanated, FCM Substance No 87 for use in food contact materials. Online verfügbar: [www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/doc/3712.pdf](http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/doc/3712.pdf) (eingesehen am 13.01.2016)

EFSA (Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit) 2015. Safety assessment of the substance montmorillonite clay modified by dimethylalkyl(C16-C18) ammonium chloride for use in food contact materials. Online verfügbar: [www.efsa.europa.eu/de/efsajournal/pub/4285](http://www.efsa.europa.eu/de/efsajournal/pub/4285) (eingesehen am 13.06.2016)

ElAmin A. 2006. UK food sector examines impact of REACH. Online verfügbar unter: [www.foodproductiondaily.com/news/ng.asp?n=71537-reachfd-chemicals](http://www.foodproductiondaily.com/news/ng.asp?n=71537-reachfd-chemicals) (eingesehen am 15.01.2016).

Empa et al. 2011. Are Carbon Nanotube Effects on Green Algae Caused by Shading and Agglomeration? Online verfügbar unter: <http://publicationslist.org/data/nowack/ref-114/Schwab%20%282011%29.pdf> (eingesehen am 10.01.2016)

EPA (U.S. Environmental Protection Agency) 2009. NANOSCALE MATERIALS STEWARDSHIP PROGRAM.

ETC Group 2004. Down on the Farm. Online verfügbar unter: [www.etcgroup.org/sites/www.etcgroup.org/files/publication/80/02/etc\\_dotfarm2004.pdf](http://www.etcgroup.org/sites/www.etcgroup.org/files/publication/80/02/etc_dotfarm2004.pdf) (eingesehen am 10.01.2016)

ETC Group 2010. The Big Downturn? Nanogeopolitics. Online verfügbar unter: [www.etcgroup.org/sites/www.etcgroup.org/files/publication/pdf\\_file/nano\\_big4web.pdf](http://www.etcgroup.org/sites/www.etcgroup.org/files/publication/pdf_file/nano_big4web.pdf) (eingesehen am 06.01.2016)

EU Kommission 2009. COMMISSION REGULATION (EC) No 450/2009 on active and intelligent materials and articles intended to come into contact with food. Online verfügbar unter: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:135:0003:0011:EN:PDF> (eingesehen am 07.01.2016)

EU Kommission 2010. VERORDNUNG (EU) Nr. 257/2010 DER KOMMISSION vom 25. März 2010 zur Aufstellung eines Programms zur Neubewertung zugelassener Lebensmittelzusatzstoffe gemäß der Verordnung (EG) Nr. 1333/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates über Lebensmittelzusatzstoffe. Online verfügbar: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:080:0019:0027:de:PDF> (eingesehen 11.01.2016)

EU Kommission 2011. Commission Recommendation of 18 October 2011 on the definition of nanomaterial (2011/696/EU). In: Official Journal of the European Union L 275 Volume 54. Online verfügbar unter: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:275:FULL:EN:PDF> (eingesehen am 11.01.2016)

EU Kommission 2011 II. VERORDNUNG (EU) Nr. 10/2011 DER KOMMISSION vom 14. Januar 2011 über Materialien und Gegenstände aus Kunststoff, die dazu bestimmt sind, mit Lebensmitteln in Berührung zu kommen. Online verfügbar unter: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:012:0001:0089:DE:PDF> (eingesehen am 07.01.2016)

EU Kommission 2012. Food supplements. Online verfügbar unter: [http://ec.europa.eu/food/food/labellingnutrition/supplements/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/food/food/labellingnutrition/supplements/index_en.htm) (eingesehen am 15.01.2016).

EU Kommission 2012 II. Second Regulatory Review on Nanomaterials. Online

verfügbar unter: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2012:0572:FIN:en:PDF> (eingesehen am 13.01.2016)

EU Kommission 2012 III. Pressemitteilung: Bahnbrechende Nanotechnologie: Sicherheit wird von Fall zu Fall beurteilt. Online verfügbar unter: [http://europa.eu/rapid/press-release\\_IP-12-1050\\_de.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_IP-12-1050_de.htm) (eingesehen am 15.01.2016)

EU Kommission 2013 IV. Green Facts. Nanoform-Zinkoxid in Sonnencremes. Online verfügbar unter: [http://ec.europa.eu/health/scientific\\_committees/docs/citizens\\_zinc\\_oxide\\_de.pdf](http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/docs/citizens_zinc_oxide_de.pdf) (eingesehen am 15.01.2016)

EU Kommission 2013 V EU Kommission 2013. DELEGIERTE VERORDNUNG (EU) Nr. 1363/2013 DER KOMMISSION vom 12. Dezember 2013 zur Änderung der Verordnung (EU) Nr. 1169/2011 des Europäischen Parlaments und des Rates betreffend die Information der Verbraucher über Lebensmittel im Hinblick auf die Begriffsbestimmung für „technisch hergestellte Nanomaterialien“. Online verfügbar: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32013R1363&from=DE> (eingesehen am 12.01.2016)

EU Kommission 2014. JRC Scientific and Policy Reports. Proceedings of a workshop on "Nanotechnology for the agricultural sector: from research to the field". Online verfügbar: [https://ec.europa.eu/jrc/sites/default/files/ipts\\_jrc\\_89736\\_\(online\)\\_final.pdf](https://ec.europa.eu/jrc/sites/default/files/ipts_jrc_89736_(online)_final.pdf) (eingesehen am 08.01.2016)

EU Kommission 2015. Options for the review of the EC nanomaterial definition published. Online verfügbar: <https://ec.europa.eu/jrc/en/news/ec-nanomaterial-definition-published> (eingesehen am 11.01.2016)

EU Parlament und Rat 2002. Verordnung (EG) Nr. 178/2002 zur Festlegung der allgemeinen Grundsätze und Anforderungen des Lebensmittelrechts. Online verfügbar unter: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2002R0178:20060428:DE:PDF> (eingesehen am 11.01.2016)

EU Parlament und Rat 2004. VERORDNUNG (EG) Nr. 1935/2004 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 27. Oktober 2004 über Materialien und Gegenstände, die dazu bestimmt sind, mit Lebensmitteln in Berührung zu kommen. Online verfügbar unter: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2004:338:0004:0004:DE:PDF> (eingesehen am 13.01.2016)

EU Parlament und Rat 2007. VERORDNUNG (EG) Nr. 1924/2006 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 20. Dezember 2006 über nährwert- und gesundheitsbezogene Angaben über Lebensmittel. Online verfügbar unter: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:012:0003:0018:DE:PDF> (eingesehen am 13.01.2016)

EU Parlament und Rat 2008. VERORDNUNG (EG) Nr. 1333/2008 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 16. Dezember 2008 über Lebensmittelzusatzstoffe. Online verfügbar unter: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:354:0016:0033:de:PDF> (eingesehen am 12.01.2016)

EU Parlament und Rat 2009 II. VERORDNUNG (EG) Nr. 1107/2009 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 21. Oktober 2009 über das Inverkehrbringen von Pflanzenschutzmitteln. Online verfügbar unter: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:309:0001:0050:de:PDF> (eingesehen am 13.01.2016)

EU Parlament und Rat 2011. VERORDNUNG (EU) Nr. 1169/2011 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES, vom 25. Oktober 2011 betreffend die Information der Verbraucher über Lebensmittel (Regulation (EU) No 1169/2011 of the European Parliament and of the Council of 25 October 2011 on the provision of food information to consumers), Artikel 2 t. Verfügbar unter: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:304:0018:0063:DE:PDF> (eingesehen am 06.01.2016)

EU Parlament und Rat 2012. Verordnung (EU) Nr. 528/2012 über die Bereitstellung auf dem Markt und die Verwendung von Biozidprodukten. Online verfügbar unter: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/ALL/?uri=CELEX%3A32012R0528> (eingesehen am 13.01.2016)

EU Parlament und Rat 2015. VERORDNUNG (EU) 2015/2283 über neuartige Lebensmittel. Online verfügbar: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?toc=OJ%3A2015%3A327%3ATOC&uri=uriserv%3A0J.L.:2015.327.01.0001.01.DEU> (eingesehen am 13.01.2016)

EU Parlament 2014. Novel foods: MEPs call for moratorium on nano-foods and labelling of cloned meat. Online verfügbar unter: <http://www.europarl.europa.eu/news/en/news-room/content/20141125IPR80424/html/Novel-foods-MEPs-call-for-moratorium-on-nano-foods-and-labelling-of-cloned-meat> (eingesehen am 13.01.2016)

EU Rat 1989. RICHTLINIE DES RATES vom 21. Dezember 1988 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über Zusatzstoffe, die in Lebensmitteln verwendet werden dürfen (89/107/EWG). Online verfügbar unter: [http://ec.europa.eu/food/fs/sfp/addit\\_flavor/flav07\\_de.pdf](http://ec.europa.eu/food/fs/sfp/addit_flavor/flav07_de.pdf) (eingesehen am 07.01.2016)

Everin 2015. Primo Maxx. Online verfügbar: <https://icl-sf.com/de/explore/golf-platee-sportplatee-und-landschaftsgestaltung/pflanzenschutz/rasenwachstumsregulator> (eingesehen am 10.01.2016) und Banner Maxx. Online verfügbar

unter: [https://icl-sf.com/de/products/turf\\_amenity/fungicide-bannermaxx](https://icl-sf.com/de/products/turf_amenity/fungicide-bannermaxx) (eingesehen am 10.01.2016)

Evonik ohne Datum. Mit Erfahrung und Erfindergeist. Online verfügbar unter: <http://nano.evonik.de/sites/nanotechnology/de/technologie/kompetenz/pages/default.aspx> (eingesehen am 06.01.2016)

Evonik ohne Datum II. Empfohlene AEROSIL® Produkte für die Lebensmittelindustrie. Online verfügbar unter: [www.aerosil.com/product/aerosil/de/industrien/futter-lebensmittel/empfohlene-produkte/pages/default.aspx](http://www.aerosil.com/product/aerosil/de/industrien/futter-lebensmittel/empfohlene-produkte/pages/default.aspx) (eingesehen am 06.01.2016)

Fairvital ohne Datum. Online verfügbar: <https://www.fairvital.com/de/anwendungsgebiete/immunsystem/colloidales-silber-500ppm-30ml-non-ionic> (eingesehen am 07.01.2016)

FAO/WHO 2010. Expert meeting on the application of nanotechnologies in the food and agriculture sectors: potential food safety implications. Online verfügbar unter: [http://whqlibdoc.who.int/publications/2010/9789241563932\\_eng.pdf](http://whqlibdoc.who.int/publications/2010/9789241563932_eng.pdf) (eingesehen am 06.01.2016)

FAO/WHO 2012. Joint FAO/WHO Meeting Nanotechnologies in Food and Agriculture FAO Rome, 27 March 2012

Queen Juliana Room Meeting Report. Online verfügbar unter: [www.fao.org/fileadmin/templates/agis/pdf/topics/Nano\\_Report\\_Final\\_20120625.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/agis/pdf/topics/Nano_Report_Final_20120625.pdf) (eingesehen am 15.01.2016)

FAO/WHO 2012 II. State of the art on the initiatives and activities relevant to risk assessment and risk management of nanotechnologies in the food and agriculture sectors. Online verfügbar unter: [www.fao.org/fileadmin/templates/agis/pdf/topics/FAO\\_WHO\\_Nano\\_Paper\\_Public\\_Review\\_20120608.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/agis/pdf/topics/FAO_WHO_Nano_Paper_Public_Review_20120608.pdf) (eingesehen am 06.01.2016)

FDA (US Food and Drug Agency) 2014. Considering Whether an FDA-Regulated Product Involves the Application of Nanotechnology. Guidance for Industry. Draft. Online verfügbar unter: [www.fda.gov/RegulatoryInformation/Guidances/ucm257698.htm](http://www.fda.gov/RegulatoryInformation/Guidances/ucm257698.htm) (eingesehen am 11.01.2016)

Feed Management Systems 2013. Scientists seek solutions for lightweight pigfarmers.

FoE Australia (Friends of the Earth Australia) 2015. Detecting Engineered Nanomaterials In Processed Foods From Australia. Online verfügbar: <http://emergingtech.foe.org.au/wp-content/uploads/2015/09/FoE-Aus-Report-Final-web.pdf> (eingesehen am 04.01.2016)

FoE International (Friends of the Earth International) 2010 Nano banned from organic in Canada. Online verfügbar unter: [www.foe.org/news/archives/2010-05-nano-banned-from-organic-in-canada](http://www.foe.org/news/archives/2010-05-nano-banned-from-organic-in-canada) (eingesehen am 15.01.2016)

FoE USA (Friends of the Earth USA) 2014. New report: Tiny ingredients, big risks. Online verfügbar: [www.foe.org/news/news-releases/2014-05-new-report-tiny-ingredients-big-risks](http://www.foe.org/news/news-releases/2014-05-new-report-tiny-ingredients-big-risks) (eingesehen am 06.01.2016)

FoodProductiondaily.com 2009. Award for nano solution to bottle leaching. Online verfügbar unter: [www.foodproductiondaily.com/Packaging/Award-for-nano-solution-to-bottle-leaching](http://www.foodproductiondaily.com/Packaging/Award-for-nano-solution-to-bottle-leaching) (eingesehen am 16.01.2016)

FoodProductiondaily.com 2010. Is the food processing industry poised to embrace nanocoatings? Online verfügbar unter: [www.foodproductiondaily.com/Processing/Is-the-food-processing-industry-poised-to-embrace-nanocoatings](http://www.foodproductiondaily.com/Processing/Is-the-food-processing-industry-poised-to-embrace-nanocoatings) (eingesehen am 08.01.2016)

FoodProduktiondaily.com 2010 II. Fraunhofer develops nano-thin coating to enhance shelf life. Online verfügbar unter: [www.foodproductiondaily.com/Packaging/Fraunhofer-develops-nano-thin-coating-to-enhance-shelf-life](http://www.foodproductiondaily.com/Packaging/Fraunhofer-develops-nano-thin-coating-to-enhance-shelf-life) (eingesehen am 08.01.2016)

FoodProductiondaily.com 2010 III. New coating eliminates need for barrier films, says Finnish team. Online verfügbar unter: [www.foodproductiondaily.com/Packaging/New-coating-eliminates-need-for-barrier-films-says-Finnish-team](http://www.foodproductiondaily.com/Packaging/New-coating-eliminates-need-for-barrier-films-says-Finnish-team) (eingesehen am 08.01.2016)

FoodProductiondaily.com 2010 IV. Graphene-based antibacterial paper has food packaging potential. Online verfügbar unter: [www.foodproductiondaily.com/Packaging/Graphene-based-antibacterial-paper-has-food-packaging-potential](http://www.foodproductiondaily.com/Packaging/Graphene-based-antibacterial-paper-has-food-packaging-potential) (eingesehen am 08.01.2016)

FoodProductiondaily.com 2011. Nano-brick coating most oxygen impermeable film in existence. Online verfügbar unter: [www.foodproductiondaily.com/Packaging/Nano-brick-coating-most-oxygen-impermeable-film-in-existence](http://www.foodproductiondaily.com/Packaging/Nano-brick-coating-most-oxygen-impermeable-film-in-existence) (eingesehen am 08.01.2016)

FoodProductiondaily.com 2011 II. Nano-coated „killer paper“ developed to extend food shelf life. Online verfügbar unter: [www.foodproductiondaily.com/content/view/print/353941](http://www.foodproductiondaily.com/content/view/print/353941) (eingesehen am 06.01.2016)

FoodProductiondaily.com 2011 III. Nano-biosensors to boost detection of foodborne pathogens – research. Online verfügbar unter: [www.foodproductiondaily.com/Quality-Safety/Nano-biosensors-to-boost-detection-of-foodborne-pathogens-research](http://www.foodproductiondaily.com/Quality-Safety/Nano-biosensors-to-boost-detection-of-foodborne-pathogens-research) (eingesehen am 08.01.2016)

FoodProductiondaily.com 2012. New barrier coating halves water usage – creator. Online verfügbar unter: [www.foodproductiondaily.com/Packaging/New-barrier-coating-halves-water-usage-creator](http://www.foodproductiondaily.com/Packaging/New-barrier-coating-halves-water-usage-creator) (eingesehen am 08.01.2016)

FoodProductiondaily.com 2012 II. Cost conscious Airlines lead flight to PET packaged wine – Amcor. Online verfügbar unter: [www.foodproductiondaily.com/Packaging/Cost-conscious-airlines-lead-flight-to-PET-packaged-wine-Amcor](http://www.foodproductiondaily.com/Packaging/Cost-conscious-airlines-lead-flight-to-PET-packaged-wine-Amcor) (eingesehen am 08.01.2016)

FoodProductiondaily.com 2012 III. Unknown fears thwart European active packaging adoption as Asia leads the way. Online verfügbar unter: [www.foodproductiondaily.com/Packaging/Unknown-fears-thwart-European-active-packaging-adoption-as-Asia-leads-the-way](http://www.foodproductiondaily.com/Packaging/Unknown-fears-thwart-European-active-packaging-adoption-as-Asia-leads-the-way) (eingesehen am 07.01.2016)

FoodQualityNews.com 2011. Intelligent ink monitors cold chain temperature for chilled and frozen foods. Online available: [www.foodqualitynews.com/R-D/Intelligent-ink-monitors-cold-chain-temperatures-for-chilled-and-frozen-foods](http://www.foodqualitynews.com/R-D/Intelligent-ink-monitors-cold-chain-temperatures-for-chilled-and-frozen-foods) (eingesehen am 08.01.2016)

FoodQualityNews.com 2013. Nanosensor with potential food safety use comes step closer. Online verfügbar unter: [www.foodqualitynews.com/Innovation/Nanosensor-with-potential-food-safety-use-comes-step-closer](http://www.foodqualitynews.com/Innovation/Nanosensor-with-potential-food-safety-use-comes-step-closer) (eingesehen am 10.01.2016)

FoodSafety magazin 2012. Potential Use of Edible nanoscale Coatings for Meat. Online verfügbar unter: [www.foodsafetymag-digital.com/foodsafetymag/20120607?pg=4#pg54](http://www.foodsafetymag-digital.com/foodsafetymag/20120607?pg=4#pg54) (eingesehen am 08.01.2016)

Fraunhofer 2010 II. Fraunhofer FEP boosts food freshness with innovative packaging coating technology. Online verfügbar: [www.fep.fraunhofer.de/de/press\\_media/Pressemitteilungen2010/03\\_2010.html](http://www.fep.fraunhofer.de/de/press_media/Pressemitteilungen2010/03_2010.html) (eingesehen am 08.01.2016)

Franz R. 2005. Migration modelling from food-contact plastics into foodstuffs as a new tool for consumer exposure estimation. *Food Additives and Contaminants* 22(10): 920–937.

French Republic 2012. Ministry of Ecology, Sustainable Development, Transport and Housing. Decree no. 2012-232 of 17 February 2012 on the annual declaration on substances at nanoscale in application of article R. 523-4 of the Environment code [www.r-nano.fr/download?fileId=8f2b1954-10ad-465b-a89e-8516b8a6acfc](http://www.r-nano.fr/download?fileId=8f2b1954-10ad-465b-a89e-8516b8a6acfc) (eingesehen am 12.01.2016)

Frewer, L. J., et al. 2012 (Universität Wageningen, Niederlande). Nanotechnology in the Agri-Food-Sector. Auszüge online verfügbar unter: <http://books.google.de/books?id=p3Gi7ccwCWAC&pg=PA164&tpg=PA164&dq=nutralease+30nm&source=bl&ots=rAMau2pS1q&sig=deY51NqpM8LzV8PuiieZknYdo&hl=de&sa=X&ei=dQQUIPdFmAZ0QW23oHoDg&ved=OCDUQ6AEwAA#v=onepage&qt=nutralease%2030nm&f=false> (eingesehen am 06.01.2016)

Frutels ohne Datum. Clear skin from the inside out. Online verfügbar: [www.frutels.com/index.html](http://www.frutels.com/index.html) (eingesehen am 06.01.2016)

Gardea-Torresdey, Jorge et al. 2013. In Situ Synchrotron X-ray Fluorescence Mapping and Speciation of CeO<sub>2</sub> and ZnO Nanoparticles in Soil Cultivated Soybean (Glycine max). Abstract online verfügbar unter: <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/nn305196q> (eingesehen am 20.01.2016)

Garnett M, Kallinteri P. 2006. Nanomedicines and nanotoxicology: some physiological principles. *Occup Med* 56:307-311.16

Gaiser et al. (2008). Comparison of nanoparticle toxicity in the invertebrate *Daphnia magna* and a human Cell line, SETAC Europe, 18th Annual Meeting, Abstract book, zitiert aus: Bundesumweltministerium (2008). NanoDialog 2006 – 2008: Ergebnisse der Arbeitsgruppe 2: „Risiken und Sicherheitsforschung“. [www.bmu.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/nanodialog08\\_ergebnisse\\_ag2.pdf](http://www.bmu.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/nanodialog08_ergebnisse_ag2.pdf)

Gatti A, Rivasi F. 2002. Biocompatibility of micro- and nanoparticles. Part I: in liver and kidney. *Biomaterials* 23:2381–2387

Gatti A. 2004. Biocompatibility of micro- and nano-particles in the colon. Part II. *Biomaterials* 25:385–392.

Green J, Beestman G. 2007. Recently patented and commercialized formulation and adjuvant technology. *Crop Protect* 26:320-327

Gatti A, Tossini D, Gambarelli A. 2004. Investigation Of Trace Elements In Bread Through Environmental Scanning Electron Microscope And Energy Dispersive System. 2nd International IUPAC Symposium, Brussels, Oktober 2004.

Geiser, M., Rothen-Rutishauser, B., Kapp, N., Schurch, S., Krejling, W., Schulz, H., Semmler, M., Im, H., V. Heyder, J., and Gehr, P. (2005). Ultrafine particles cross cellular membranes by nonphagocytic mechanisms in lungs and in cultured cells. *Environ. Health Perspect.* 113(11), 1555-1560.

Griffith RJ, Lufperspecto J, Gao J, Bonzongo JC, Barber DS 2008. Effects of Particle Composition and Species on Toxicity of Metallic Nanomaterials in aquatic organisms. *Environmental Toxicology and Chemistry* 27(9): 1972–1978

- Gupta A, Silver S (1998). Silver as a biocide: will resistance become a problem? *Nature Biotechnology* 16: 888
- Hagens W, Oomen A, de Jong W, Cassee F, Sips A. 2007. What do we (need to) know about the kinetic properties of nanoparticles in the body? *Regul Toxicol Pharmacol* 49 III: 217–229
- Hanazato T. 2001. Pesticide effects on freshwater zooplankton: An ecological perspective. *Environ Pollution* 112:1–10
- Hannes Pharma ohne Datum. Produkte. Online verfügbar unter: [www.hannes-pharma.de/shop/index.php?xacc83e=k102po0nkvuaborvptoqmfmh81&page=search&page\\_action=query&desc=on&desc=on&keywords=nano&x=0&y=0](http://www.hannes-pharma.de/shop/index.php?xacc83e=k102po0nkvuaborvptoqmfmh81&page=search&page_action=query&desc=on&desc=on&keywords=nano&x=0&y=0) (eingesehen am 06.01.2016)
- Health Canada 2011. Policy Statement on Health Canada's Working Definition for Nanomaterial. Online verfügbar unter: [www.hc-sc.gc.ca/sr-sr/pubs/nano/pol-eng.php](http://www.hc-sc.gc.ca/sr-sr/pubs/nano/pol-eng.php) (eingesehen am 11.01.2016)
- Helmut Kaiser Consultancy Group. 2007 I. Nanopackaging Is Intelligent, Smart And Safe Life. New World Study By Hkc22.com/beijingOffice. Press Release 14.05.07 Online verfügbar unter [www.prlog.org/10016688-nanopackaging-is-intelligent-smart-and-safe-life-new-world-study-by-hkc22-combeijing-office.pdf](http://www.prlog.org/10016688-nanopackaging-is-intelligent-smart-and-safe-life-new-world-study-by-hkc22-combeijing-office.pdf) (eingesehen am 06.01.2016).
- Helmut Kaiser Consultancy Group. 2007 II. Strong increase in nanofood and molecular food markets in 2007 worldwide. Online verfügbar unter: [www.hkc22.com/Nanofoodconference.html](http://www.hkc22.com/Nanofoodconference.html) (eingesehen am 06.01.2016).
- Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung 2013. Nanotechnologie in Hessen. Online verfügbar: [www.hessen-nanotech.de/dynasite.cfm?dmsid=14221](http://www.hessen-nanotech.de/dynasite.cfm?dmsid=14221) (eingesehen am 06.01.2016)
- Hoet P, Bruske-Holfeld I, Salata O. 2004. Nanoparticles – known and unknown health risks. *J Nanobiotechnology* 2:12
- Hofmann, T., Kah. M. 2012. Department für Umweltwissenschaften an der Universität Wien. Nano-Pestizide in der Landwirtschaft: Chance oder Risiko?
- Hostynsky JJ, Hinz RZ, Lorence CR, Price M, Guy RH (1993). Metals and the skin. *Crit. Rev. Toxicol*: 171–235
- House of Lords 2010. Science and Technology Committee (UK). 1st Report of Session 2009–10 Nanotechnologies and Food, Volume I: Report. Online verfügbar unter: [www.publications.parliament.uk/pa/ld200910/ldselect/ldsc22/22/22i.pdf](http://www.publications.parliament.uk/pa/ld200910/ldselect/ldsc22/22/22i.pdf) (eingesehen am 10.01.2016)
- Huang, Yanmin et al. 2011. Nanosilver Migrated into Food-Simulating Solutions from Commercially Available Food Fresh Containers. Abstract online verfügbar unter: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/pts.938/abstract> (eingesehen am 16.01.2016)
- Hund-Rinke K, Simon M. 2006. Ecotoxic effect of photocatalytic active nanoparticles (TiO<sub>2</sub>) on algae and daphnids. *Environ Sci Poll Res* 13 IV:225–232
- IGB (Fraunhofer Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik) 2007. In diesen Verpackungen bleibt nichts hängen. Online verfügbar unter: [www.igb.fraunhofer.de/de/presse-medien/archiv/2007/neuartige-verpackungen.html](http://www.igb.fraunhofer.de/de/presse-medien/archiv/2007/neuartige-verpackungen.html) (eingesehen am 08.01.2016)
- Institute of Medicine (US) Food Forum 2009. Nanotechnology in Food Products: Workshop Summary. Online verfügbar: [www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK32727](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK32727) (eingesehen am 08.01.2016)
- IG DHS (Interessengemeinschaft Detailhandel Schweiz) 2015. Code of Conduct Nanotechnologien. Online verfügbar [www.coop.ch/content/dam/act/taten/tat-063/2015%2002%2010%20CoC\\_Nanotechnologien\\_d.pdf](http://www.coop.ch/content/dam/act/taten/tat-063/2015%2002%2010%20CoC_Nanotechnologien_d.pdf) (eingesehen am 12.01.2016)
- International Agency for Research on Cancer (IARC) 2010. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans VOLUME 93. Carbon Black, Titanium Dioxide, and Talc. Online verfügbar unter: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol93/mono93.pdf> (eingesehen am 16.01.2016)
- ISO (Internationale Organisation für Normung) 2008 und 2010, in: Bundesanstalt für Materialforschung, Nano-Glossar. Ohne Datum. Online verfügbar unter: <http://www.nano.bam.de/de/glossar/index.htm> (eingesehen am 11.01.2016)
- ITA (Institut für Technikfolgen-Abschätzung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften) 2012. Nano trust Dossiers Nr. 031. Zur freiwilligen und verpflichtenden Nano-Kennzeichnung Online verfügbar: <http://epub.oeaw.ac.at/ita/nano-trust-dossiers/dossier031-1.pdf> (eingesehen am 12.01.2016)
- ITA (Institut für Technik-Folgenabschätzung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften) 2012 III. Nano-Titandioxid – Teil 3: Umwelteffekte. Online verfügbar unter: <http://epub.oeaw.ac.at/ita/nano-trust-dossiers/dossier035.pdf> (eingesehen am 16.01.2016)
- IVW (Fraunhofer Institut Verfahrenstechnik und Verpackung) ohne Datum. ChitoCoat – Entwicklung antimikrobiell aktiver Verpackungen durch Beschichtung mit Chitosan zur Erhöhung der mikrobiologischen Sicherheit von Fleischwaren. Online verfügbar: [www.ivw.fraunhofer.de/de/geschaeftsfelder/lebensmittelqualitaet-sensorische\\_akzeptanz/chitocoat.html](http://www.ivw.fraunhofer.de/de/geschaeftsfelder/lebensmittelqualitaet-sensorische_akzeptanz/chitocoat.html) (eingesehen am 08.01.2016)
- IVW (Fraunhofer Institut Verfahrenstechnik und Verpackung). Jahresbericht 2006/2007.
- JKI 2008. Perspektiven der Nanotechnologie für die Landwirtschaft. Online verfügbar unter: [www.fibl.org/fileadmin/documents/en/switzerland/organic-facts/schroer-nano-perspektiven-landwirtschaft.pdf](http://www.fibl.org/fileadmin/documents/en/switzerland/organic-facts/schroer-nano-perspektiven-landwirtschaft.pdf) (eingesehen am 08.01.2016)
- Jones, Angela Ph.D (University of Wisconsin Madison) 2012. Nanotechnology in Agriculture and Food Technology. Online verfügbar unter: <http://ice.chem.wisc.edu/NanoDecisions/PDF/Agriculture.pdf> (eingesehen am 10.01.2016)
- Joseph T and Morrison M. 2006. Nanotechnology in Agriculture and Food.
- Nanoforum Report. Online verfügbar unter: [ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/nanotechnology/docs/nanotechnology\\_in\\_agriculture\\_and\\_food.pdf](http://ftp.cordis.europa.eu/pub/nanotechnology/docs/nanotechnology_in_agriculture_and_food.pdf) (eingesehen am 10.01.2016)
- JRC (Joint Research Center of the European Commission) 2010. Considerations on a Definition of Nanomaterial for Regulatory Purposes. Online verfügbar unter: [http://ec.europa.eu/dgs/jrc/downloads/jrc\\_reference\\_report\\_201007\\_nanomaterials.pdf](http://ec.europa.eu/dgs/jrc/downloads/jrc_reference_report_201007_nanomaterials.pdf) (eingesehen am 15.01.2016)
- KEMI (Kemikalieinspektion / Swedish Chemicals Agency) 2013. Ohne Titel. Online verfügbar unter: [www.kemi.se/Documents/Forfattningar/Reach/Draft-proposal-regulation-nanomaterials.pdf](http://www.kemi.se/Documents/Forfattningar/Reach/Draft-proposal-regulation-nanomaterials.pdf) (eingesehen am 13.01.2016)
- KEMI (Swedish Chemicals Agency) 2015. The Swedish Chemicals Agency proposes reporting requirements for nanomaterials. Online verfügbar: [www.kemi.se/en/news-from-the-swedish-chemicals-agency/2015/the-swedish-chemicals-agency-proposes-reporting-requirements-for-nanomaterials/](http://www.kemi.se/en/news-from-the-swedish-chemicals-agency/2015/the-swedish-chemicals-agency-proposes-reporting-requirements-for-nanomaterials/) (eingesehen am 12.01.2016)
- KHS Plasmax 2013. Sicher. Lecker. Frisch. Die Premium-PET-Flasche mit glasklaren Vorteilen. Online verfügbar unter: <http://freshsafepet.khs.com/#3-technologie> (eingesehen am 08.10.2016)
- La Posta del Aguila ohne Datum. FICHA TECNICA MATERNAL WATER. Online verfügbar: [www.lapostadelaguila.com.ar/ficha\\_tecnica.html](http://www.lapostadelaguila.com.ar/ficha_tecnica.html) (eingesehen am 07.01.2016)
- Law360° 2011. The Nuances Of 'Nano' In Pesticide Products. Online available: [www.law360.com/articles/254105/the-nuances-of-nano-in-pesticide-products](http://www.law360.com/articles/254105/the-nuances-of-nano-in-pesticide-products) (eingesehen am 10.01.2016)
- Leatherhead Food Research 2014. Future Directions for the Global Functional Foods Market. Online verfügbar: [www.leatherheadfood.com/sites/default/files/Future-Directions-for-the-Global-Functional-Foods-Market.pdf](http://www.leatherheadfood.com/sites/default/files/Future-Directions-for-the-Global-Functional-Foods-Market.pdf) (eingesehen am 06.01.2016)
- Li N, Sioutas C, Cho A, Schmitz D, Misra C, Sempf J, Wang M, Oberley T, Froines J, Nel A. 2003. Ultrafine particulate pollutants induce oxidative stress and mitochondrial damage. *Environ Health Perspect* 111 (5):455–460.
- Limbach L, Wick P, Manser P, Grass R, Bruinink A, Stark W. 2007. Exposure of engineered nanoparticles to human lung epithelial cells: Influence of chemical composition and catalytic activity on oxidative stress. *Environ Sci Technol* 41:4158–4163.
- 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* 0(14):4346–4352.
- LUBW (Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg) 2010.
- Nanomaterialien: Toxikologie/Ökotoxikologie. Online verfügbar unter: [www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/62024/U10-S05-N10.pdf?command=downloadContent&filename=U10-S05-N10.pdf](http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/62024/U10-S05-N10.pdf?command=downloadContent&filename=U10-S05-N10.pdf) (eingesehen am 10.01.2016)
- LUBW (Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg) 2012. Nanomaterialien: Regulierungen national – international. Online verfügbar unter: [www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/219885/nanomaterialien\\_regulierungen.pdf?command=downloadContent&filename=nanomaterialien\\_regulierungen.pdf](http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/219885/nanomaterialien_regulierungen.pdf?command=downloadContent&filename=nanomaterialien_regulierungen.pdf) (eingesehen am 13.01.2016)

- Luoma, Samuel N. (2008). Silver Nanotechnologies and the Environment: Old Problems or New Challenges? Woodrow Wilson International Center for Scholars. Project on Emerging Nanotechnologies. Online verfügbar unter: [www.nanotech-project.org/process/assets/files/7036/nano\\_pen\\_15\\_final.pdf](http://www.nanotech-project.org/process/assets/files/7036/nano_pen_15_final.pdf) (eingesehen am 16.01.2016)
- Magrez A et al. 2006. Cellular toxicity of carbon-based nanomaterials. *Nano Lett* 6 (6):1121-1125.
- Manager-Magazin 2010. Schokolade gegen Akne und sinkende Preise. Online verfügbar unter: [www.manager-magazin.de/unternehmen/industrie/0,2828,722147,00.html](http://www.manager-magazin.de/unternehmen/industrie/0,2828,722147,00.html) (eingesehen am 07.01.2016)
- Maynard A. 2006. Nanotechnology: Assessing the risks. *Nanotoday* 1 II:2233
- Melhus A. 2007. Silver threatens the use of antibiotics. Unpublished manuscript, received by email 30. Januar 2007
- MLR (Ministerium für ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg) 2014. Nanokennzeichnung – EU-Parlament lehnt Vorschlag der Kommission ab. Online verfügbar: [www.nanoportal-bw.de/pb/Lde/Nanokennzeichnung+\\_EU\\_Parlament+lehnt+Vorschlag+der+Kommission+ab.html](http://www.nanoportal-bw.de/pb/Lde/Nanokennzeichnung+_EU_Parlament+lehnt+Vorschlag+der+Kommission+ab.html) (eingesehen am 11.01.2016)
- Monteiro-Riviere N, Yang J, Inman A, Ryman-Rasmussen J, Barron A, Riviere J. 2006. Skin penetration of fullerene substituted amino acids and their interactions with human epidermal keratinocytes. *Toxicol* 168 (#827).
- MRI (Max-Rubner-Institut) ohne Datum. Dr. Ralf Greiner. Verhalten und Verbleib synthetischer Nanomaterialien nach oraler Aufnahme.
- MRI (Max Rubner-Institut) 2010. Greiner Ralf; Oehlke, Kathleen. Anwendungen der Nanotechnologie im Lebensmittelbereich. In: Rundschau für Fleischhygiene und Lebensmittelüberwachung 1/2010.
- MRI (Max Rubner-Institut) 2012. Dr. Ralf Greiner et al. Kleine Teilchen, große Herausforderungen. In: GIT Labor-Fachzeitschrift 8/2012.
- MRI (Max Rubner-Institut) 2013. Dr. Kathleen Oehlke, Dr. Ralf Greiner. Nanomaterialien in Lebensmitteln und Lebensmittelverpackungen. In: Ernährung im Fokus 13-03-04/13
- MRI (Max-Rubner-Institut 2013 II. Birgit Hetzer, Ralf Greiner, Carsten Meyer. Food Storage and Migration Studies with Nanosilver – containing Commercial and Non-Commercial Food Packaging Materials. In: International ASET. Proceedings of the International Conference on Nanotechnology: Fundamentals and Applications. 12.-14. August 2013, Paper No. 55.
- Nanocid ohne Datum. Agriculture Applications. Online verfügbar: [www.nanocid.com/](http://www.nanocid.com/) (eingesehen am 08.01.2016)
- NanoKommission der Bundesregierung 2011. Verantwortlicher Umgang mit Nanotechnologien. Bericht und Empfehlungen der NanoKommission 2011. Online verfügbar unter: [http://nano.dguv.de/fileadmin/user\\_upload/documents/textfiles/Grundlagen/nano\\_schlussbericht\\_2011\\_bf.pdf](http://nano.dguv.de/fileadmin/user_upload/documents/textfiles/Grundlagen/nano_schlussbericht_2011_bf.pdf) (eingesehen am 11.01.2016)
- Nanophase 2012. NanoArc Zinc Oxide. Online verfügbar unter: <http://nanophase.com/products/zinc-oxide/> (eingesehen am 08.01.2016)
- NanoSys 2005. Wissenswertes über Nano-Argentum 10. Online verfügbar unter: [www.nanosys.ch/medienberichte/wissenswertesnanoargentum10211105.pdf](http://www.nanosys.ch/medienberichte/wissenswertesnanoargentum10211105.pdf) (eingesehen am 10.01.2016)
- Nanotechnology Victoria ohne Datum. NanoParticle Diagnostics. (eingesehen am 31. August 2007).
- nano-technologien.com 2012. Nano in der Landwirtschaft. Online verfügbar unter: [www.nano-technologien.com/nano-in-landwirtschaft](http://www.nano-technologien.com/nano-in-landwirtschaft) (eingesehen am 10.01.2016)
- Nanowerk 2008. Australian farmers set new standard for nanotechnology control in the organic sector. Online verfügbar unter: [www.nanowerk.com/news/newsid=5891.php](http://www.nanowerk.com/news/newsid=5891.php) (eingesehen am 23.01.2014)
- Nanowerk 2012. New study shows that titanium dioxide nanoparticles are ubiquitous in food products. Online verfügbar unter: [www.nanowerk.com/spotlight/spotid=24290.php](http://www.nanowerk.com/spotlight/spotid=24290.php) (eingesehen am 16.01.2016)
- National Health Federation ohne Datum. Regulated or Not, Nano-Foods Coming to a Store Near You. Online verfügbar: [www.thenhf.com/regulated-or-not-nano-foods-coming-to-a-store-near-you/](http://www.thenhf.com/regulated-or-not-nano-foods-coming-to-a-store-near-you/) (eingesehen am 08.01.2016)
- Naturland 2011. Naturland verbietet Nanomaterialien. Online verfügbar unter: [www.ig-fuer.de/index.php/nanotechnologie/naturland-verbietet-nanomaterialien.html](http://www.ig-fuer.de/index.php/nanotechnologie/naturland-verbietet-nanomaterialien.html) (eingesehen am 16.01.2016)
- Nel A, Xia T, Li N. 2006. Toxic potential of materials at the nanolevel. *Science* 311:622-627.
- Next Nature ohne Datum. Programmable Wine. Online verfügbar: [www.nanosupermarket.org/nanowine](http://www.nanosupermarket.org/nanowine) (eingesehen am 06.01.2016)
- NIA (Nanotechnology Industries Association) 2014. Belgium ratifies National Nano Reporting Scheme. Online verfügbar: [www.nanotechia.org/news/news-articles/belgium-ratifies-national-nano-reporting-scheme](http://www.nanotechia.org/news/news-articles/belgium-ratifies-national-nano-reporting-scheme) (eingesehen am 12.01.2016)
- Oberdörster G, Oberdörster E, Oberdörster J. 2005. Nanotoxicology: an emerging discipline from studies of ultrafine particles. *Environ Health Perspect* 113 (7):823-839.
- Oberdörster G, Maynard A, Donaldson K, Castranova V, Fitzpatrick J, Ausman K, Carter J, Karn B, Kreyling W, Lai D, Olin S, Monteiro-Riviere N, Warheit D, Yang H. 2005 II. Principles for characterising the potential human health effects from exposure to nanomaterials: elements of a screening strategy. *Particle Fibre Toxicol* 2:8.
- OECD ohne Datum. Online verfügbar unter: [www.oecd.org/sti/nano](http://www.oecd.org/sti/nano) (eingesehen am 11.01.2016)
- OECD 2005. Opportunities and risks of Nanotechnologies. Online verfügbar unter: [www.oecd.org/science/nanosafety/44108334.pdf](http://www.oecd.org/science/nanosafety/44108334.pdf) (eingesehen am 10.01.2016)
- OECD 2012. Important Issues on Risk Assessment of Manufactured Nanomaterials. Online verfügbar unter: <http://search.oecd.org/officialdocuments/displaydocumentpdf/?cote=env/jm/mono%282012%298&doclanguage=en> (eingesehen am 15.01.2016)
- OECD 2013. Co-Operation on Risk Assessment: Prioritisation of important issues on Risk Assessment of Manufactured Nanomaterials – Final Report. Online verfügbar unter: <http://search.oecd.org/officialdocuments/displaydocumentpdf/?cote=env/jm/mono%282013%2918&doclanguage=en> (eingesehen am 15.01.2016)
- OECD 2015. OECD and the safety of nanomaterials: Harmonized approaches to testing and assessment. Online verfügbar: [www.bfr.bund.de/cm/349/oecd-and-the-safety-of-nanomaterials.pdf](http://www.bfr.bund.de/cm/349/oecd-and-the-safety-of-nanomaterials.pdf) (eingesehen am 13.01.2016)
- Öko-Institut 2010. Rechtliche Machbarkeitsstudie zu einem Nanoproduktregister. Online verfügbar unter: [www.oeko.de/oekodoc/1031/2010-083-de.pdf](http://www.oeko.de/oekodoc/1031/2010-083-de.pdf) (eingesehen am 11.01.2016)
- Ökopol 2015. Nanodiolog der Bundesregierung. Anwendung von Nanomaterialien in Produkten-Chancen und mögliche Risiken: Beispiel Lebensmittelbereich. Online verfügbar: [www.oekopol.de/wp-content/uploads/FD4\\_Hintergrund\\_NM-in-Lebensmitteln.pdf](http://www.oekopol.de/wp-content/uploads/FD4_Hintergrund_NM-in-Lebensmitteln.pdf) (eingesehen am 07.01.2016) [http://wiki.fund-sst.ru/lib/execute.php?media=nanotech:selskoe\\_hozajstvo:nano\\_v\\_s-x\\_2010\\_..pdf](http://wiki.fund-sst.ru/lib/execute.php?media=nanotech:selskoe_hozajstvo:nano_v_s-x_2010_..pdf)
- Ökopol 2015 II. Nanodiolog der Bundesregierung. Nanotechnologien und Abfall. Online verfügbar: [www.oekopol.de/wp-content/uploads/05\\_FD3\\_Nanomaterialien\\_und\\_Abfall\\_Bericht\\_bf.pdf](http://www.oekopol.de/wp-content/uploads/05_FD3_Nanomaterialien_und_Abfall_Bericht_bf.pdf) (eingesehen am 13.01.2016)
- OHS 2012. Serious Gaps in EU Workers Nano Knowledge: EU OSHA. Online verfügbar unter: <http://ohsonline.com/articles/2012/06/25/serious-gaps-in-eu-worker-nano-knowledge.aspx> (eingesehen am 16.01.2016)
- OilFresh ohne Datum. OilFresh FAQ. Online verfügbar unter: [www.oilfresh.com/pdf/OF1000%20FAQ%209-2005.pdf](http://www.oilfresh.com/pdf/OF1000%20FAQ%209-2005.pdf) (eingesehen am 08.01.2016)
- Öko-Institut 2010. Rechtliche Machbarkeitsstudie zu einem Nanoproduktregister. Online verfügbar unter: [www.oeko.de/oekodoc/1031/2010-083-de.pdf](http://www.oeko.de/oekodoc/1031/2010-083-de.pdf) (eingesehen am 15.01.2016)
- Packaging News 2009. Fresh Technologies wins Ripesense distribution deal. Online verfügbar: [www.packagingnews.co.uk/news/business/fresh-technologies-wins-ripesense-distribution-deal-20-01-2009](http://www.packagingnews.co.uk/news/business/fresh-technologies-wins-ripesense-distribution-deal-20-01-2009) (eingesehen am 08.01.2016)
- Parry V. 2006. Food fight on a tiny scale. *The Times Online UK*, 21. Oktober 2006.
- Peters, Ruud, et al. 2012. Presence of Nano-Sized Silica during In Vitro Digestion of Foods Containing Silica as a Food Additive. Abstract online verfügbar unter: <http://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/nn204728k> (eingesehen am 15.01.2016)

- Petrelli G. et al. 2000. Reproductive male-mediated risk: Spontaneous abortion among wives of pesticide applicators. *Eur J Epidemiol* 16: 391-393.
- Plasmatreat ohne Datum. Längere Haltbarkeit: PlasmaPlus-Nanobeschichtung verbessert die Barriereeigenschaft von Kunststoffverpackungen. Online verfügbar unter: [www.plasmatreat.de/industrieanwendungen/verpackungstechnik/kunststoffverpackungen/nanobeschichtung-barriereeigenschaft.html](http://www.plasmatreat.de/industrieanwendungen/verpackungstechnik/kunststoffverpackungen/nanobeschichtung-barriereeigenschaft.html) (eingesehen am 08.01.2016)
- Pflanzenforschung.de 2012. Forschungsbedarf: Nano in der Landwirtschaft. Online verfügbar unter: [www.pflanzenforschung.de/journal/aktuelles/forschungsbedarf-nano-der-landwirtschaft?page=0,1](http://www.pflanzenforschung.de/journal/aktuelles/forschungsbedarf-nano-der-landwirtschaft?page=0,1) (eingesehen am 10.01.2016)
- PolyOne ohne Datum. OnCap™ BIO Impact T. Online verfügbar unter: [www.polyone.com/files/resources/OnCap\\_BIO\\_Impact\\_T.pdf](http://www.polyone.com/files/resources/OnCap_BIO_Impact_T.pdf) und [www.nanowis-sen.bayern.de/docs/franz\\_fraunhoferivv.pdf](http://www.nanowis-sen.bayern.de/docs/franz_fraunhoferivv.pdf) (eingesehen am 08.01.2016)
- Priester, John H. et al. 2012. Soybean susceptibility to manufactured nanomaterials with evidence for food quality and soil fertility interruption. Online verfügbar unter: [www.pnas.org/content/early/2012/08/14/1205431109.full.pdf+html](http://www.pnas.org/content/early/2012/08/14/1205431109.full.pdf+html) (eingesehen am 16.01.2016)
- Process 2011. Intelligente Verpackungen nehmen den Verbraucher an die Hand. Online verfügbar unter: [www.process.vogel.de/logistik\\_verpackung/verpackungstechnik/etikettierung/articles/310077](http://www.process.vogel.de/logistik_verpackung/verpackungstechnik/etikettierung/articles/310077) (eingesehen m 08.01.2016)
- Rajedran, D. (National Institute of Animal Nutrition and Physiology) 2013. Application of Nano Minerals in Animal Production Systems. In: *Research Journal of Biotechnology*. Online verfügbar: [www.researchgate.net/file.PostFileLoader.html?id=564e0c4e0f365fe10d8b45a1&assetKey=AS%3A297561228365824%401447955533572](http://www.researchgate.net/file.PostFileLoader.html?id=564e0c4e0f365fe10d8b45a1&assetKey=AS%3A297561228365824%401447955533572) (eingesehen am 14.01.2014)
- RCEP (Royal Commission on Environmental Pollution) 2008. Novel Materials in the Environment: The case of nanotechnology. Online verfügbar: [http://nanotech.law.asu.edu/Documents/2009/07/Michael%20Vincent%20Royal%20Commission%20on%20Enviro%20Pollution%20%282008%29,%20Novel%20Ma\\_169\\_2476.pdf](http://nanotech.law.asu.edu/Documents/2009/07/Michael%20Vincent%20Royal%20Commission%20on%20Enviro%20Pollution%20%282008%29,%20Novel%20Ma_169_2476.pdf) (eingesehen am 11.01.2016)
- Relyea R and Hoverman J. 2006. Assessing the ecology in ecotoxicology: a review and synthesis in freshwater systems. *Ecol Lett* 9: 1157-1171.
- Reynolds G. 2007. FDA recommends nanotechnology research, but not labeling. *FoodProductionDaily.com*, News, 26. Juli 2007.
- ripeSense ohne Datum. The next revolution in fresh produce marketing. Online verfügbar: [www.ripesense.co.nz/index.html](http://www.ripesense.co.nz/index.html) (eingesehen am 08.01.2016) Und: Gallery. Online verfügbar: [http://www.ripesense.co.nz/ripesense\\_gallery.html](http://www.ripesense.co.nz/ripesense_gallery.html) (eingesehen am 08.01.2016)
- Rouse J, Yang J, Ryman-Rasmussen J, Barron A, Monteiro-Riviere N. 2007. Effects of mechanical flexion on the penetration of fullerene amino acid-derivatized peptide nanoparticles through skin. *Nano Lett* 7: 155-160.
- Rowa News 2010. AKTUELLES AUS DER ROWA GROUP 02/2010. Online verfügbar unter: [www.tramaco.de/images/stories/news/rowanews\\_ausgabe\\_2\\_2010\\_de.pdf](http://www.tramaco.de/images/stories/news/rowanews_ausgabe_2_2010_de.pdf) (eingesehen am 08.01.2016)
- RS/RAE (Royal Society / Royal Academy of Engineering) 2004. Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties. Online verfügbar unter [www.nanotec.org.uk/finalReport.htm](http://www.nanotec.org.uk/finalReport.htm) (eingesehen am 13.01.2016)
- Ryman-Rasmussen J, Riviere J, Monteiro-Riviere N. 2006. Penetration of intact skin by quantum dots with diverse physicochemical properties. *Toxicol Sci* 91: 159-165.
- sag (schweizer arbeitsgruppe gentechnologie) 2013. Frankreich: 13 Millionen Kilogramm Nanomaterialien im Lebensmittelsektor. Online verfügbar unter: <http://gtechfrei.ch/themen/nanotechnologie/473-frankreich-13-millionen-kilogramm-nanomaterialien-im-lebensmittelsektor>, Original Meldung des französischen Ministeriums: [www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Rapport\\_public\\_format\\_final\\_20131125.pdf](http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Rapport_public_format_final_20131125.pdf) (eingesehen am 06.01.2016)
- Sang Shin ohne Datum. Nano Silber Anti-bakteriell Baby Bottle Brush. Online verfügbar unter: [www.i-sangshin.com](http://www.i-sangshin.com) (eingesehen am 08.01.2016)
- Sayes C, Fortner J, Guo W, Lyon D, Boyd A, Ausman K, Tao Y, Sitharaman B, Wilson L, Hughes J, West J, Colvin V. 2004. The differential cytotoxicity of water-soluble fullerenes. *Nanolett*. 4:1881-1887.
- Sayes C, Wahi R, Kurian P, Liu Y, West J, Ausman K, Warheit D, Colvin V. 2006. Correlating nanoscale titania structure with toxicity: A cytotoxicity and inflammatory response study with human dermal fibroblasts and human lung epithelial cells. *Toxicol Sci* 92: 174-185.
- SCCS (Scientific Committee on Consumer Safety) 2013. Opinion on Titanium Dioxide (nano form). Online verfügbar unter: [http://ec.europa.eu/health/scientific\\_committees/consumer\\_safety/docs/sccs\\_o\\_136.pdf](http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/consumer_safety/docs/sccs_o_136.pdf) (eingesehen am 16.01.2016)
- SCENIHR (Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks) 2009. Risk assessment of products of nanotechnologies, pp 15-16. Online verfügbar unter: [http://ec.europa.eu/health/ph\\_risk/committees/04\\_scenihr/docs/scenihr\\_o\\_023.pdf](http://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/04_scenihr/docs/scenihr_o_023.pdf) (eingesehen am 15.01.2016)
- SCENIHR (Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks) 2010. Scientific Basis for the Definition of the Term "nanomaterial". Online verfügbar unter: [http://ec.europa.eu/health/scientific\\_committees/emerging/docs/scenihr\\_o\\_032.pdf](http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/emerging/docs/scenihr_o_032.pdf) (eingesehen am 11.01.2016)
- Scenta 2007. High tech, non-stick nano packing.
- Schaumann G. E., Abraham P. M., Dabrunz A., University Koblenz-Landau 2012. Modes of interaction between inorganic engineered nanoparticles and biological and abiotic surfaces. Abstract online verfügbar unter: <http://adsabs.harvard.edu/abs/2012EGUGA..14.1357S> (eingesehen am 16.01.2016)
- ScienceDaily 2009. Could Nanotechnology Make An Average Donut Into Health Food? Online verfügbar unter: [www.sciencedaily.com/releases/2009/02/090214162746.htm](http://www.sciencedaily.com/releases/2009/02/090214162746.htm) (eingesehen am 06.01.2016)
- Scrinis G and Lyons K. 2007. The emerging nano-corporate paradigm: Nanotechnology and the transformation of nature, food and agri-food systems. *Internat J Social Agric and Food*. 15: 11.
- Senjen R. (2007). Nanosilver – a threat to soil, water and human health?
- Sharma, H.S. et al. 2010. Influence of Nanoparticles on Blood-Brain Barrier Permeability and Brain Edema Formation in Rats," Abstract online verfügbar unter: [www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19812977](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19812977) (eingesehen am 17.01.2016)
- Shimizu, Midori et al. 2009. Maternal exposure to nanoparticulate titanium dioxide during the prenatal period alters gene expression related to brain development in the mouse. Abstract online verfügbar unter: [www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2726979/](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2726979/) (eingesehen am 16.01.2016)
- Soil Association 2013. Soil Association organic standards farming and growing. Online verfügbar unter: <https://soilassociation.org/LinkClick.aspx?fileticket=-LqUgillo%3D&tabid=353> (eingesehen am 15.01.2016)
- Song, Yuguo und Tang, Shichuan 2011. Nanoexposure, Unusual Diseases, and New Health and Safety Concerns. *ScientificWorldJournal*. 2011; 11: 1821-1828.
- Spiegel Online 2012 II. Endlich fließt Ketchup aus der Flasche. Online verfügbar unter: [www.spiegel.de/wissenschaft/technik/beschichtung-laesst-ketchup-aus-flaschen-laufen-a-835021.html](http://www.spiegel.de/wissenschaft/technik/beschichtung-laesst-ketchup-aus-flaschen-laufen-a-835021.html) (eingesehen am 08.01.2016)
- SRU (Sachverständigenrat für Umweltfragen) 2011. Vorsorgestrategien für Nanomaterialien. Online verfügbar unter: [www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/02\\_Sondergutachten/2011\\_09\\_SG\\_Vorsorgestrategien%20f%C3%BCr%20Nanomaterialien.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](http://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/02_Sondergutachten/2011_09_SG_Vorsorgestrategien%20f%C3%BCr%20Nanomaterialien.pdf?__blob=publicationFile) (eingesehen am 11.01.2016)
- Syngenta ohne Datum. Primo MAXX Plant Growth Regulator. Online nicht mehr verfügbar (eingesehen am 24. Dezember 2007).
- Takeda K. et al. 2009. Nanoparticles Transferred from Pregnant Mice to Their Offspring Can Damage the Genital and Cranial Systems. *J. Health Science* 55: 95-102 112 Landsdown ABG (2007). Critical observations on the neurotoxicity of silver. *Critical reviews in toxicology* 37
- TA Swiss (Zentrum für Technologiefolgen-Abschätzung) 2009. Nanotechnologie im Bereich der Lebensmittel. Kurzfassung und englische Version online verfügbar unter: [www.ta-swiss.ch/nanofood/#downloads](http://www.ta-swiss.ch/nanofood/#downloads) (eingesehen am 06.01.2016)
- Technical University of Denmark 2007. Bioplastic developed into food packaging through nanotechnology. *News* 23. März 2007.
- TU München (Technische Universität München) 2013. Kohlenstoff-Nanoröhrchen als flexible, kostengünstige Sensoren. Online verfügbar: [www.tum.de/die-tum/aktuelles/pressemitteilungen/kurz/article/31050/](http://www.tum.de/die-tum/aktuelles/pressemitteilungen/kurz/article/31050/) (eingesehen am 08.01.2016)
- The Essential Chemical Industrie 2013. Titanium Dioxide. Online verfügbar unter: [www.essentialchemicalindustry.org/chemicals/titanium-dioxide.html](http://www.essentialchemicalindustry.org/chemicals/titanium-dioxide.html) (eingesehen am 16.01.2016)
- Throback I, Johansson M, Rosenquist M, Pell M, Hansson M, Hallin S. 2007. Silver (Ag(+)) reduces denitrification and induces enrichment of novel nirK genotypes in soil. *FEMS Microbiol Lett* 270 II:189-194.

- Tinkle S, Antonini J, Roberts J, Salmen R, DePree K, Adkins E. 2003. Skin as a route of exposure and sensitisation in chronic beryllium disease, *Environ Health Perspect* 111:1202-1208.
- Trouiller, B., Reliene, R., et al., 2009, Titanium dioxide nanoparticles induce DNA damage and genetic instability in vivo in mice, *Cancer Res* 69(22), 8784-9)
- UBA (Umweltbundesamt) 2008. Hund-Rinke K, Marscheider-Weidemann F, Kemper M. Beurteilung der Gesamtweltexposition von Silberionen aus Biozid-Produkten. Online verfügbar unter: [www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3673.pdf](http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3673.pdf) (eingesehen am 16.01.2016)
- UBA (Umweltbundesamt) 2009. Nanotechnik für Mensch und Umwelt. Online verfügbar unter: [www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3765.pdf](http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3765.pdf) (eingesehen am 10.01.2016)
- UBA (Umweltbundesamt) 2011. Neue Studie zeigt: Standardtests für Umweltbewertung von Nanomaterialien sind ungenügend.
- UBA (Umweltbundesamt) 2012. Konzept für ein europäisches Register für nanomaterialhaltige Produkte. Online verfügbar unter: [www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/377/publikationen/information\\_konzept\\_nanoregister\\_npr.pdf](http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/377/publikationen/information_konzept_nanoregister_npr.pdf) (eingesehen am 16.01.2016)
- UBA (Umweltbundesamt) 2012 II. Fate and behaviour of TiO2 nanomaterials in the environment, influenced by their shape, size and surface area. Online verfügbar unter: [www.umweltbundesamt.de/publikationen/fate-behaviour-of-tio2-nanomaterials-in-environment](http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/fate-behaviour-of-tio2-nanomaterials-in-environment) (eingesehen am 16.10.2016)
- UBA (Umweltbundesamt) 2013 II. Mobility, fate and behaviour of TiO2 nanomaterials in different environmental media. Online verfügbar unter: [www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte\\_76\\_2013\\_mobility\\_fate\\_and\\_behaviour\\_of\\_tio2\\_voelker\\_cms.pdf](http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte_76_2013_mobility_fate_and_behaviour_of_tio2_voelker_cms.pdf) (eingesehen am 16.01.2016)
- UBA (Umweltbundesamt), BfR (Bundesinstitut für Risikobewertung), BAuA (Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin) 2013. Nanomaterialien und REACH. Hintergrundpapier zur Position der deutschen Bundesbehörden. Online verfügbar unter: [www.bfr.bund.de/cm/343/nanomaterialien-und-reach.pdf](http://www.bfr.bund.de/cm/343/nanomaterialien-und-reach.pdf) (eingesehen am 13.01.2016)
- UMK (Umweltministerkonferenz) 2011. 76. Umweltministerkonferenz. Ergebnisprotokoll. Online verfügbar unter: [www.umweltministerkonferenz.de/documents/endgueltiges\\_UMK\\_Ergebnisprotokoll\\_mit\\_Unterschriften.pdf](http://www.umweltministerkonferenz.de/documents/endgueltiges_UMK_Ergebnisprotokoll_mit_Unterschriften.pdf) (eingesehen am 11.01.2016)
- Universität Koblenz Landau 2012. Presseerklärung: Neue Studie: Nanoteilchen für Umwelt gefährlicher als bislang bekannt. Online verfügbar unter: [www.uni-koblenz-landau.de/de/landau/aktuelles/archiv-2012/nanostudienachkommen](http://www.uni-koblenz-landau.de/de/landau/aktuelles/archiv-2012/nanostudienachkommen) (eingesehen am 16.01.2016)
- Universität Osnabrück 2015. Nanopartikel – Kleine Gefahr? Online verfügbar: [www.google.de/url?sa=t&ct=j&eq=et&src=s&source=web&cd=6&ved=0CD0QfJA-FahUKEwjr54PggZ3JAhWDOQ8KH4-B4MEurl=http%3A%2F%2Fwww.lak-nds.net%2Fflak20151007%2Fvortrag%2F17\\_prof\\_dr\\_henning\\_allmers%2F17\\_prof\\_dr\\_henning\\_allmers.pdf&usq=AFQjCNEAw4Mp5wvYn2fsRWzhKuqapang&cad=rja](http://www.google.de/url?sa=t&ct=j&eq=et&src=s&source=web&cd=6&ved=0CD0QfJA-FahUKEwjr54PggZ3JAhWDOQ8KH4-B4MEurl=http%3A%2F%2Fwww.lak-nds.net%2Fflak20151007%2Fvortrag%2F17_prof_dr_henning_allmers%2F17_prof_dr_henning_allmers.pdf&usq=AFQjCNEAw4Mp5wvYn2fsRWzhKuqapang&cad=rja) (eingesehen am 16.01.2016)
- U.S. DoA. 2005. Nanoscale science and engineering for agriculture and food systems. A Report Submitted to the Cooperative State Research, Education and Extension Service.
- U.S. IOM. 1998. Dietary Reference Intakes for Thiamin, Riboflavin, Niacin, Vitamin B6, Folate, Vitamin B12, Pantothenic Acid, Biotin, and Choline. A Report of the Standing Committee on the Scientific Evaluation of Dietary Reference Intakes and its Panel on Folate, Other B Vitamins, and Choline and Subcommittee on Upper Reference Levels of Nutrients. Food and Nutrition Board, Institute of Medicine. National Academies Press, Washington DC.
- van Balen E. et al. 2006. Exposure to non-arsenic pesticides is associated with lymphoma among farmers in Spain. *Occupation Environ Med* 63:663-668
- Van der Zande, Meike, Rob J Vandebriel, Maria J Groot, Evelien Kramer, Zahira E Herrera Rivera, Kirsten Rasmussen, Jan S Ossenkoppele, Peter Tromp, Eric R Gremmer, Ruud JB Peters, Peter J Hendriksen, Hans JP Marvin, Ron LAP Hoogenboom, Ad ACM Peijnenburg, Hans Bouwmeester 2014. Sub-chronic toxicity study in rats orally exposed to nanostructured silica. Online verfügbar: <http://particle-and-fibre-toxicology.biomedcentral.com/articles/10.1186/1743-8977-11-8> (16.01.2016)
- Verbraucherportal Baden-Württemberg 2011. Bio-Lebensmittel. Online verfügbar unter: [www.nanoportal-bw.de/pb/Lde/Startseite/Recht/Bio\\_Lebensmittel.html](http://www.nanoportal-bw.de/pb/Lde/Startseite/Recht/Bio_Lebensmittel.html) (eingesehen am 15.01.2016)
- Verbraucherportal Baden-Württemberg 2012. Produktregister, Kataster, Datenbank. Online verfügbar unter: [www.nanoportal-bw.de/pb/Lde/Startseite/Recht/Produktregister\\_+Kataster\\_+Datenbank.html](http://www.nanoportal-bw.de/pb/Lde/Startseite/Recht/Produktregister_+Kataster_+Datenbank.html) (eingesehen am 11.01.2016)
- Von Mikecz, Anna Prof. et al. 2013. Effect of Nanoparticles on the Biochemical and Behavioral Aging Phenotype of the Nematode *Caenorhabditis elegans*. Zusammenfassung online verfügbar unter: <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/nn403443r> (eingesehen am 30.01.2014), Presseerklärung online verfügbar unter: [www.leibniz-gemeinschaft.de/medien/aktuelles/news-details/article/nanopartikel\\_lassen\\_fadenwuermer\\_alt\\_aussehen\\_100001114/](http://www.leibniz-gemeinschaft.de/medien/aktuelles/news-details/article/nanopartikel_lassen_fadenwuermer_alt_aussehen_100001114/) (eingesehen am 15.01.2016)
- VSMK (Verbraucherschutzministerkonferenz) 2011. 7. VerbraucherSchutzMinisterKonferenz (VSMK). Ergebnisprotokoll. Online verfügbar unter: [www.justiz.bayern.de/media/pdf/vsmk/beschluss\\_vsmk\\_2011.pdf](http://www.justiz.bayern.de/media/pdf/vsmk/beschluss_vsmk_2011.pdf) (eingesehen am 11.07.2016)
- Wacker 2007. Feature-Dienst. Online verfügbar unter: [www.wacker.com/cms/media/de/documents/feature-pdf/Cyclodextrin.pdf](http://www.wacker.com/cms/media/de/documents/feature-pdf/Cyclodextrin.pdf) (eingesehen am 16.01.2016)
- Wacker 2012. Wacker Silicons HDK. Online verfügbar unter: [www.wacker.com/cms/media/publications/downloads/6174\\_DE.pdf](http://www.wacker.com/cms/media/publications/downloads/6174_DE.pdf) (eingesehen am 06.01.2016)
- Wacker 2016. CAVAMAX® W6 FOOD. Online verfügbar: [www.wacker.com/cms/de/products/product/product.jsp?product=8948](http://www.wacker.com/cms/de/products/product/product.jsp?product=8948) (eingesehen am 07.01.2016)
- Wageningen UR 2011. Nanotechnology in food and agriculture barely an issue among consumers. Online verfügbar: [www.wageningenur.nl/en/About-Wageningen-UR.htm](http://www.wageningenur.nl/en/About-Wageningen-UR.htm) (eingesehen am 08.01.2016)
- Wang B, Feng W-Y, Wang T-C, Jia G, Wang M, Shi J-W, Zhang F, Zhao YL, Chai Z-F. 2006. Acute toxicity of nano- and micro-scale zinc powder in healthy adult mice. *Toxicol Lett* 161:115-123.
- Weir et al. 2012. Titanium Dioxide Nanoparticles in Food and Personal Care Products. In: *Environmental Science & Technology*. Online verfügbar unter: <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es204168d> (eingesehen 06.01.2016)
- WWIC (Woodrow Wilson International Center for scholars) 2015. Online verfügbar unter: [www.nanotechproject.org/cpi/browse/categories/food-and-beverage/](http://www.nanotechproject.org/cpi/browse/categories/food-and-beverage/) (eingesehen am 06.01.2016)
- Yamashita, Kohei et al. 2011. Silica and titanium dioxide nanoparticles cause pregnancy complications in mice
- In: *nature nanotechnology*. Online verfügbar unter: [www.nature.com/nanojournal/v6/n5/full/nnano.2011.41.html](http://www.nature.com/nanojournal/v6/n5/full/nnano.2011.41.html) (eingesehen am 16.01.2016)

# Anhang: Nano-Produkte auf dem deutschen und internationalen Markt

## Getränke und Lebensmittel – auf dem internationalen Markt erhältlich (Beispiele)

Produkt/Kategorie	Produkt	Hersteller	Nano-Inhalt	Webadresse/Quelle	Produktbeschreibung/Werbewersprechen des Herstellers
Lebensmittel	Allen's Kool Mints	Nestlé	Titandioxid	Shop: <a href="http://bit.ly/1PNq00R">http://bit.ly/1PNq00R</a> www.nestleprofessional.com/australia/ Tests: <a href="http://bit.ly/20opcg5">http://bit.ly/20opcg5</a> <a href="http://emergingtech.foe.org.au/">http://emergingtech.foe.org.au/</a>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produkt wird vom Hersteller mit E171 (Titandioxid) gekennzeichnet.</li> <li>• Tests von Friends of the Earth Australia ergaben, dass das TiO<sub>2</sub> z. T. in einer Größe kleiner 100 nm vorliegt.</li> </ul>
Lebensmittel	Praise Caesar Dressing	Praise	Titandioxid	Shop: <a href="http://bit.ly/1PkKkAl">http://bit.ly/1PkKkAl</a> <a href="http://shop.coles.com.au">http://shop.coles.com.au</a> Tests: <a href="http://bit.ly/20opcg5">http://bit.ly/20opcg5</a> <a href="http://emergingtech.foe.org.au/">http://emergingtech.foe.org.au/</a>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produkt wird vom Hersteller mit E171 (Titandioxid) gekennzeichnet.</li> <li>• Tests von Friends of the Earth Australia ergaben, dass das TiO<sub>2</sub> z. T. in einer Größe kleiner 100 nm vorliegt.</li> </ul>
Lebensmittel	Nice N' Tasty Chicken Salt	Nice N' Tasty	Siliziumdioxid	Shop: <a href="http://bit.ly/20L6LYk">http://bit.ly/20L6LYk</a> <a href="http://shop.coles.com.au">http://shop.coles.com.au</a> Tests: <a href="http://bit.ly/20L6PHx">http://bit.ly/20L6PHx</a> <a href="http://emergingtech.foe.org.au/">http://emergingtech.foe.org.au/</a>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produkt wird vom Hersteller mit Anti-Caking-Agent (151), dt.: Rieselhilfe gekennzeichnet.</li> <li>• Tests von Friends of the Earth Australia ergaben, dass Siliziumdioxid auch in einer Größe kleiner 100 nm vorliegt.</li> </ul>
Lebensmittel	Coffee Mate	Nestlé	Siliziumdioxid	Shop: <a href="http://bit.ly/1oo9Eg5">http://bit.ly/1oo9Eg5</a> <a href="https://www.awafs.de">https://www.awafs.de</a> Tests: <a href="http://bit.ly/20opcg5">http://bit.ly/20opcg5</a> <a href="http://emergingtech.foe.org.au/">http://emergingtech.foe.org.au/</a>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produkt wird vom Hersteller mit Siliziumdioxid (E 551) gekennzeichnet.</li> <li>• Tests von Friends of the Earth Australia ergaben, dass Siliziumdioxid auch in einer Größe kleiner 100 nm vorliegt.</li> </ul>
Lebensmittel	Duncan Hines Classic Vanilla Frosting	Pinnacle Foods	Titandioxid	Shop: <a href="http://bit.ly/1Lt4WYP">http://bit.ly/1Lt4WYP</a> <a href="https://www.awafs.de">https://www.awafs.de</a> Test: <a href="http://bit.ly/20opcg5">http://bit.ly/20opcg5</a> <a href="http://emergingtech.foe.org.au/">http://emergingtech.foe.org.au/</a>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tests von Friends of the Earth Australia ergaben, dass das TiO<sub>2</sub> z. T. in einer Größe kleiner 100 nm vorliegt.</li> </ul>
Lebensmittel	ECLIPSE Ice Gum	Wrigley	Titandioxid	Shop: <a href="http://bit.ly/20ViHn1">http://bit.ly/20ViHn1</a> <a href="http://www.wrigley.com">http://www.wrigley.com</a> Tests: <a href="http://bit.ly/20opcg5">http://bit.ly/20opcg5</a> <a href="http://emergingtech.foe.org.au/">http://emergingtech.foe.org.au/</a>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produkt wird vom Hersteller mit E171 (Titandioxid) gekennzeichnet.</li> <li>• Tests von Friends of the Earth Australia ergaben, dass das TiO<sub>2</sub> z. T. in einer Größe kleiner 100 nm vorliegt.</li> </ul>
Lebensmittel	m&M	Mars	Titandioxid	Shop: <a href="http://www.m-ms.de/">http://www.m-ms.de/</a> Tests: <a href="http://bit.ly/20opcg5">http://bit.ly/20opcg5</a> <a href="http://emergingtech.foe.org.au/">http://emergingtech.foe.org.au/</a>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produkt wird vom Hersteller mit E171 (Titandioxid) gekennzeichnet.</li> <li>• Tests von Friends of the Earth Australia ergaben, dass das TiO<sub>2</sub> z. T. in einer Größe kleiner 100 nm vorliegt.</li> </ul>
Lebensmittel	Mentos Pure Fresh Gum	mentos	Titandioxid	Shop: <a href="http://mentos.de/produkte#kaugummi">http://mentos.de/produkte#kaugummi</a> Tests: <a href="http://bit.ly/20opcg5">http://bit.ly/20opcg5</a> <a href="http://emergingtech.foe.org.au/">http://emergingtech.foe.org.au/</a>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produkt wird vom Hersteller mit E171 (Titandioxid) gekennzeichnet.</li> <li>• Tests von Friends of the Earth Australia ergaben, dass das TiO<sub>2</sub> z. T. in einer Größe kleiner 100 nm vorliegt.</li> </ul>

## Getränke und Lebensmittel – auf dem internationalen Markt erhältlich (Beispiele)

Produkt/Kategorie	Produkt	Hersteller	Nano-Inhalt	Webadresse/Quelle	Produktbeschreibung/Werbewersprechen des Herstellers
Lebensmittel	Moccona Cappuccino	Moccona	Siliziumdioxid	Shop: <a href="http://bit.ly/1orJUjp">http://bit.ly/1orJUjp</a> <a href="http://www.moccona.com.au">http://www.moccona.com.au</a> Tests: <a href="http://bit.ly/20opcg5">http://bit.ly/20opcg5</a> <a href="http://emergingtech.foe.org.au/">http://emergingtech.foe.org.au/</a>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produkt wird vom Hersteller nicht entsprechend gekennzeichnet.</li> <li>• Tests von Friends of the Earth Australia ergaben, dass Siliziumdioxid auch in einer Größe kleiner 100 nm vorliegt.</li> </ul>
Lebensmittel	Roast Meet Gravy	Maggi	Siliziumdioxid	Shop: <a href="http://bit.ly/1msn0eV">http://bit.ly/1msn0eV</a> <a href="http://shop.coles.com.au/">http://shop.coles.com.au/</a> Tests: <a href="http://bit.ly/20opcg5">http://bit.ly/20opcg5</a> <a href="http://emergingtech.foe.org.au/">http://emergingtech.foe.org.au/</a>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produkt wird vom Hersteller mit Siliziumdioxid (E 551) gekennzeichnet.</li> <li>• Tests von Friends of the Earth Australia ergaben, dass Siliziumdioxid auch in einer Größe kleiner 100 nm vorliegt.</li> </ul>
Lebensmittel	Skittles Fruits	Wrigley	Titandioxid	Shop: <a href="http://bit.ly/1PkZnKF">http://bit.ly/1PkZnKF</a> <a href="http://www.wrigley.de/">http://www.wrigley.de/</a> Tests: <a href="http://bit.ly/20opcg5">http://bit.ly/20opcg5</a> <a href="http://emergingtech.foe.org.au/">http://emergingtech.foe.org.au/</a>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produkt wird vom Hersteller mit E171 (Titandioxid) gekennzeichnet.</li> <li>• Tests von Friends of the Earth Australia ergaben, dass das TiO<sub>2</sub> z.T. in einer Größe kleiner 100 nm vorliegt.</li> </ul>
Lebensmittel	Sour Straps	Woolworth	Titandioxid	Shop: <a href="http://bit.ly/1QVuahC">http://bit.ly/1QVuahC</a> <a href="http://www.candytime.com.au/">http://www.candytime.com.au/</a> Tests: <a href="http://bit.ly/20oyatw">http://bit.ly/20oyatw</a> <a href="http://emergingtech.foe.org.au/">http://emergingtech.foe.org.au/</a>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produkt wird vom Hersteller mit E171 (Titandioxid) gekennzeichnet.</li> <li>• Tests von Friends of the Earth Australia ergaben, dass das TiO<sub>2</sub> z.T. in einer Größe kleiner 100 nm vorliegt.</li> </ul>
Lebensmittel	Taco Spice Mix	Old El Paso	Siliziumdioxid	Shop: <a href="http://bit.ly/1Q8QzLB">http://bit.ly/1Q8QzLB</a> <a href="http://www.british-american-food.de/">http://www.british-american-food.de/</a> Tests: <a href="http://bit.ly/20opcg5">http://bit.ly/20opcg5</a> <a href="http://emergingtech.foe.org.au/">http://emergingtech.foe.org.au/</a>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produkt wird vom Hersteller mit Siliziumdioxid (E 551) gekennzeichnet.</li> <li>• Tests von Friends of the Earth Australia ergaben, dass Siliziumdioxid auch in einer Größe kleiner 100 nm vorliegt.</li> </ul>
Lebensmittel	White Sauce	nicht genannt	Siliziumdioxid	<a href="http://bit.ly/20opcg5">http://bit.ly/20opcg5</a> <a href="http://emergingtech.foe.org.au/">http://emergingtech.foe.org.au/</a>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produkt wird vom Hersteller mit Siliziumdioxid (E 551) gekennzeichnet.</li> <li>• Tests von Friends of the Earth Australia ergaben, dass Siliziumdioxid auch in einer Größe kleiner 100 nm vorliegt.</li> </ul>
Getränke	Maternal Water	La Posta del Aguila	Nano-Silber	<a href="http://bit.ly/20LgH43">http://bit.ly/20LgH43</a> <a href="http://www.lapostadelaguila.com.ar/">http://www.lapostadelaguila.com.ar/</a>	Vor allem für Babys und Kinder: Es werden keine Chemikalien verwendet, sondern Nanopartikel von kolloidalen Silberionen.

## Lebensmittel-Zusatzstoffe – auf dem deutschen Markt erhältlich

Produkt/Kategorie	Produkt	Hersteller	Nano-Inhalt	Webadresse/Quelle	Produktbeschreibung/Werbeversprechen des Herstellers
Zusatzstoff	Lycovit® Zur Anreicherung und Färbung von Lebensmitteln (Lycopin).	BASF	synthetisches Lycopin (< 200 nm)	<a href="http://on.basf.com/1Q94jj7">http://on.basf.com/1Q94jj7</a> <a href="http://www.basf.com">http://www.basf.com</a> <a href="http://bit.ly/1TUkpm0">http://bit.ly/1TUkpm0</a> <a href="http://www.nanoportal-bw.de">http://www.nanoportal-bw.de</a>	Antioxidationsmittel Nanoformuliertes Lycopin von BASF (Lycovit®) wird z. B. in Getränken angewendet.
Zusatzstoff	AEROSIL® 200 F	Evonik (ehem. Degussa)	Siliziumdioxid (Lebensmittelqualität)	<a href="http://bit.ly/1Q94xqp">http://bit.ly/1Q94xqp</a> <a href="https://www.aerosil.com">https://www.aerosil.com</a>	Rieselhilfe für Pulver in der Lebens- und Futtermittelindustrie
Zusatzstoff	AEROSIL® 380 F	Evonik (ehem. Degussa)	Siliziumdioxid (Lebensmittelqualität)	<a href="http://bit.ly/1PP47d9">http://bit.ly/1PP47d9</a> <a href="https://www.aerosil.com/">https://www.aerosil.com/</a>	Rieselhilfe für Pulver in der Lebens- und Futtermittelindustrie
Zusatzstoff	NovaSOL (Produktreihe)	Aquanova	Nano-Kapseln	<a href="http://www.aquanova.de/Produktpalette">http://www.aquanova.de/Produktpalette</a> <a href="http://www.aquanova.de/Produkt_Micelle">http://www.aquanova.de/Produkt_Micelle</a>	Bessere Aufnahme aktiver Inhaltsstoffe in Zellen und Organe durch Einschluss in Nanokapseln.
Zusatzstoff	CAVACURMIN® Cyclodextrine	Wacker Chemie AG	Nano-Kapseln aus gamma-Cyclodextrin	<a href="http://bit.ly/1Qtkbxx">http://bit.ly/1Qtkbxx</a> <a href="http://bit.ly/1T9VP0r">http://bit.ly/1T9VP0r</a> <a href="http://www.wacker.com">http://www.wacker.com</a>	Nanokapseln: Cyclodextrine (organische Trägermoleküle von Aromen oder im Fall von OMEGADRY® auch von Omega-3-Fettsäuren) werden von der Firma Wacker hergestellt.
Zusatzstoff	CAVAMAX® W6 FOOD Cyclodextrine	Wacker Chemie AG	Nano-Kapseln aus Alpha-Cyclodextrin	<a href="http://bit.ly/1Xk0llz">http://bit.ly/1Xk0llz</a> <a href="http://bit.ly/1T9VP0r">http://bit.ly/1T9VP0r</a> <a href="http://www.wacker.com">http://www.wacker.com</a>	Nanokapseln: Cyclodextrine (organische Trägermoleküle von Aromen oder im Fall von OMEGADRY® auch von Omega-3-Fettsäuren) werden von der Firma Wacker hergestellt.
Zusatzstoff	CAVAMAX® W7 FOOD Cyclodextrine	Wacker Chemie AG	Nano-Kapseln aus Beta-Cyclodextrin	<a href="http://bit.ly/1oZq0i">http://bit.ly/1oZq0i</a> <a href="http://bit.ly/1T9VP0r">http://bit.ly/1T9VP0r</a> <a href="http://www.wacker.com">http://www.wacker.com</a>	Nanokapseln: Cyclodextrine (organische Trägermoleküle von Aromen oder im Fall von OMEGADRY® auch von Omega-3-Fettsäuren) werden von der Firma Wacker hergestellt.
Zusatzstoff	HDK	Wacker Chemie AG	Nano-Siliziumdioxid 5-30nm große Primärteilchen	<a href="http://bit.ly/1Sliggn">http://bit.ly/1Sliggn</a> <a href="http://www.wacker.com">http://www.wacker.com</a>	Siliziumdioxid für Futtermittel und Lebensmittel als Wirkstoffträger, Tablettierhilfe, Verdickung, Thixotropie, Antisiedimentation, Rieselhilfe.
Zusatzstoff	Mikroverkapselung	BASF	nanostrukturierte Kapseln	<a href="http://bit.ly/1o1wGJv">http://bit.ly/1o1wGJv</a> <a href="http://www.nanotechnology.basf.com">http://www.nanotechnology.basf.com</a>	Bei der Mikroverkapselung werden aktive Substanzen mit einer schützenden Hülle, beispielsweise aus Wachs, Polymer oder Öl, umgeben. BASF-Forschern ist es gelungen, je nach Anwendung die Hülle so zu gestalten, dass sie nur wenige Nanometer dick oder nanostrukturiert ist.

## Lebensmittel-Zusatzstoffe – auf dem deutschen Markt erhältlich

Produkt/Kategorie	Produkt	Hersteller	Nano-Inhalt	Webadresse/Quelle	Produktbeschreibung/Werbersprechen des Herstellers
Zusatzstoff	Solu™ E 200	BASF	Vitamin E Nano- lösung mit Nova- Sol Technologie (Nano-Kapseln)	<a href="http://on.basf.com/1095Fu4">http://on.basf.com/1095Fu4</a> <a href="http://www.basf.cl">http://www.basf.cl</a> <a href="http://www.aquanova.de/Produkt_Micelle">http://www.aquanova.de/Produkt_Micelle</a>	Ermöglicht die Zusetzung von Vitamin E zu Getränken, ohne dass dadurch Farbe oder Geschmack beeinträchtigt werden.

## Lebensmittel-Zusatzstoffe – Auf dem internationalen Markt erhältlich (Beispiele)

Zusatzstoff	Acenano Calcium	Acenano (Südkorea)	Acenano Calcium is 200 nm-900nm in size	<a href="http://acenano.co.kr/eng/calcium_1.html">http://acenano.co.kr/eng/calcium_1.html</a>	Mit Nano-Calcium angereicherte Milch wird vom Körper besonders gut aufgenommen und schützt vor Osteoporose.
Zusatzstoff	Mizellen mit NSSL Technologie	Frutarom (Nutralsease) (Israel)	Mizellen ca.30 nm groß	<a href="http://bit.ly/1OXFtpy">http://bit.ly/1OXFtpy</a> <a href="http://www.frutarom.com/">http://www.frutarom.com/</a> <a href="http://bit.ly/1ou0VJv">http://bit.ly/1ou0VJv</a> <a href="https://books.google.de">https://books.google.de</a>	Die von der Firma als „nano-sized self-assembled structured liquids (NSSL)“ bezeichnete Technologie soll die Bioverfügbarkeit verschiedener Stoffe in wasser- oder ölbasierten Substanzen verbessern. Die Mizellen sind unter anderem für den Einsatz in Getränken und Lebensmitteln gedacht.
Zusatzstoff	Soda-Lo	Tate & Lyle (Großbritannien)	unbestimmter Nanoinhalt	<a href="http://bit.ly/1o5V3qe">http://bit.ly/1o5V3qe</a> <a href="http://www.foodmanufacture.co.uk">http://www.foodmanufacture.co.uk</a>	Die eingesetzte Salzmenge kann um 30% reduziert werden bei Brot, Pizza, Pasta u.a.m.

## Nahrungsergänzungsmittel – auf dem deutschen Markt erhältlich

Produkt/Kategorie	Produkt	Hersteller	Nano-Inhalt	Webadresse/Quelle	Produktbeschreibung/Werbeversprechen des Herstellers
Nahrungsergänzungsmittel Anabolika	Nano Vapor	Muscletech	nanomolekulare gefäßerweiternde Wirkstoffe	<a href="http://bit.ly/20qCGG">http://bit.ly/20qCGG</a> <a href="http://www.biovea.com">http://www.biovea.com</a>	Nanomolecular Gefäßexpander für sofortige Vaso-Muskulöse Pumpen.
Nahrungsergänzungsmittel Anabolika	naNOX9	Muscletech	nanoskaliges Stickstoffoxid	<a href="http://bit.ly/1KdpvIJ">http://bit.ly/1KdpvIJ</a> <a href="http://www.pharmasports.de">http://www.pharmasports.de</a>	Durchflutet die Muskulatur sofort mit gefäßerweiternden Wirkstoffen.
Nahrungsergänzungsmittel	Nanosan Nano-Silizium	Life Light	Nano-Silizium	<a href="http://www.vitalabo.de/life_light/nanosan">http://www.vitalabo.de/life_light/nanosan</a>	Nanosan Silizium ein Qualitätsprodukt
Nahrungsergänzungsmittel	Energy Well Nano Mineral	Medica Consulting Ltd.	Nano-Silizium	<a href="http://bit.ly/1Qk5dJX">http://bit.ly/1Qk5dJX</a> <a href="https://www.docmorris.de/">https://www.docmorris.de/</a>	Nano Mineral Silicium Pulver
Nahrungsergänzungsmittel	fairvital Colloidales Silber	fairvital	kolloidales Silber	<a href="http://bit.ly/23YLqtw">http://bit.ly/23YLqtw</a> <a href="https://www.fairvital.com">https://www.fairvital.com</a>	Echtes colloidales Silber besteht aus kleinen Nanopartikeln des metallischen Silbers. Antibakterielle Breitbandwirkung, zur Stärkung der Immunabwehr.
Nahrungsergänzungsmittel	Kolloidales Silber	Bach Flowers Essences	Nano-Silber	<a href="http://bit.ly/1Xl3iu6">http://bit.ly/1Xl3iu6</a> <a href="http://www.doktor-klaus.de">http://www.doktor-klaus.de</a>	ultrakleine Silberteilchen mit einer Größe der Silberpartikel von 7 bis 20 nm
Nahrungsergänzungsmittel	Camu Camu organic, 60 Vegi-Kaps	Hannes Pharma	Nano-Siliziumdioxid	<a href="http://bit.ly/1Q1lLOx">http://bit.ly/1Q1lLOx</a> <a href="http://www.hannes-pharma.de">http://www.hannes-pharma.de</a>	Füllstoff: nanokolloidale Kieselsäure
Nahrungsergänzungsmittel	Coenzym NADH, 60 Vegi-Kaps	Hannes Pharma	Nano-Siliziumdioxid	<a href="http://bit.ly/23YLMR5">http://bit.ly/23YLMR5</a> <a href="http://www.hannes-pharma.de">http://www.hannes-pharma.de</a>	Füllstoff: nanokolloidale Kieselsäure
Nahrungsergänzungsmittel	Grapefruitkern, 60 Vegi-Kaps	Hannes Pharma	Nano-Siliziumdioxid	<a href="http://bit.ly/1OXQdV2">http://bit.ly/1OXQdV2</a> <a href="http://www.hannes-pharma.de">http://www.hannes-pharma.de</a>	Füllstoff: nanokolloidale Kieselsäure
Nahrungsergänzungsmittel	Nanokolloide, 60 Vegi-Kaps	Hannes Pharma	Nano-Siliziumdioxid	<a href="http://bit.ly/1SYy8R">http://bit.ly/1SYy8R</a> <a href="http://www.hannes-pharma.de">http://www.hannes-pharma.de</a>	Füllstoff: nanokolloidale Kieselsäure
Nahrungsergänzungsmittel	Selen-Zink-B Komplex, 60 Vegi-Kaps	Hannes Pharma	Nano-Siliziumdioxid	<a href="http://bit.ly/1SK3dBr">http://bit.ly/1SK3dBr</a> <a href="http://www.hannes-pharma.de">http://www.hannes-pharma.de</a>	Füllstoff: nanokolloidale Kieselsäure
Nahrungsergänzungsmittel	Vitamin B Komplex	Hannes Pharma	Nano-Siliziumdioxid	<a href="http://bit.ly/1SK3dBr">http://bit.ly/1SK3dBr</a> <a href="http://www.hannes-pharma.de">http://www.hannes-pharma.de</a>	Füllstoff: nanokolloidale Kieselsäure
Nahrungsergänzungsmittel	Vitamin C Komplex	Hannes Pharma	Nano-Siliziumdioxid	<a href="http://bit.ly/1Xl5phz">http://bit.ly/1Xl5phz</a> <a href="http://www.hannes-pharma.de">http://www.hannes-pharma.de</a>	Füllstoff: nanokolloidale Kieselsäure

## Nahrungsergänzungsmittel – auf dem internationalen Markt erhältlich (Beispiele)

Produkt/Kategorie	Produkt	Hersteller	Nano-Inhalt	Webadresse/Quelle	Produktbeschreibung/Werbeversprechen des Herstellers
Nahrungsergänzungsmittel	C.L.E.A.N Produkte	SportMedix	Glykoprotein	<a href="http://bit.ly/1PnWLF3">http://bit.ly/1PnWLF3</a> <a href="http://www.sportmedix.com">http://www.sportmedix.com</a>	Die Inhaltsstoffe des Nano-Produktes werden in verschiedenen Organen aufgenommen.
Nahrungsergänzungsmittel	Kolloidale Silberflüssigkeit	Skybright Natural Health	Nano-Silber	<a href="http://bit.ly/20qsLSV">http://bit.ly/20qsLSV</a> <a href="http://www.skybright.co.nz">http://www.skybright.co.nz</a>	Zur Stärkung des Immunsystems
Nahrungsergänzungsmittel	Nano Health Silver	Nano Health Solutions	Nano-Silber	<a href="http://bit.ly/23YNRME">http://bit.ly/23YNRME</a> <a href="http://www.shop.nanohealthsolutions.com">http://www.shop.nanohealthsolutions.com</a>	gegen Erkältungen und Schnupfen
Nahrungsergänzungsmittel	lifepak® nano, ein Multivitamin Nahrungsergänzungsmittel	Pharmanex	Nano-Multivitamin	<a href="http://bit.ly/1rjs9jK">http://bit.ly/1rjs9jK</a> <a href="https://www.nuskin.com/en_US/">https://www.nuskin.com/en_US/</a>	
Nahrungsergänzungsmittel	Nano2Bio-Sim	Nano Health Solutions	Nano-Siliziumdioxid	<a href="http://bit.ly/1SK54Ge">http://bit.ly/1SK54Ge</a> <a href="http://www.fulvic.org">http://www.fulvic.org</a>	
Nahrungsergänzungsmittel	»Mesov«-Reihe (7 Produkte)	Purist Colloids	Enthält jeweils ein Metall in Nano-Form	<a href="http://www.purestcolloids.com">http://www.purestcolloids.com</a>	
Nahrungsergänzungsmittel	Nano Humin- und Fluvinsäure	Nano Helath Solutions	Nano Humin- und Fluvinsäure	<a href="http://www.fulvic.org">http://www.fulvic.org</a>	
Nahrungsergänzungsmittel	Nano Silber Dispersion	Nano Silver Technology	Nano-Silber	<a href="http://www.nanobiosilver.com/index.html">http://www.nanobiosilver.com/index.html</a>	
Nahrungsergänzungsmittel	NanoSil -10	Conseal International, Inc	Nano-Silber	<a href="http://www.nanosilproducts.com">http://www.nanosilproducts.com</a>	
Nahrungsergänzungsmittel	Sovereign Silver	Sovereign Silver	kolloidales Silber	<a href="https://www.natural-immunogenics.com/">https://www.natural-immunogenics.com/</a>	Unterstützt das Immunsystem in allen Bedürfnissen. Kleine durchschnittliche Partikelgröße, bis 0.8 nm (Nanometer).
Nahrungsergänzungsmittel	Nutri-Nano™ CoQ-10 3.1x Softgel	Solgar	Mit NovaSol	<a href="http://bit.ly/1SK5Xyy">http://bit.ly/1SK5Xyy</a> <a href="http://www.solgar.com">http://www.solgar.com</a> <a href="http://bit.ly/1Q9hPDK">http://bit.ly/1Q9hPDK</a> <a href="http://vitaminstore.com.de">http://vitaminstore.com.de</a> <a href="http://www.aquanova.de/Produkt_Micelle">http://www.aquanova.de/Produkt_Micelle</a>	Nutri-Nano™ enthält NOVASOL Q Markenzeichen AQUANOVA und garantiert eine optimale Aufnahme der Nährstoffe durch aktive Verpackungen in extrem kleinen Kugeln (Mizellen).

## Nahrungsergänzungsmittel – auf dem internationalen Markt erhältlich (Beispiele)

Produkt/Kategorie	Produkt	Hersteller	Nano-Inhalt	Webadresse/Quelle	Produktbeschreibung/Werbeversprechen des Herstellers
Nahrungsergänzungsmittel	Silvix3	NaturalCare	Nano-Silber	<a href="http://bit.ly/1PnZzJd">http://bit.ly/1PnZzJd</a> <a href="http://www.buyherbs.com">http://www.buyherbs.com</a>	
Nahrungsergänzungsmittel	NanoCoQ10®	Pharmanex	Nano CoQ10	<a href="http://bit.ly/1RS0pFK">http://bit.ly/1RS0pFK</a> <a href="https://www.nuskin.com/en_US">https://www.nuskin.com/en_US</a>	Durch Nanotechnologie gewonnenes Co-Enzym Q10 hat eine bis zu 10 mal bessere Bioverfügbarkeit als herkömmlich gewonnenes Q10.
Nahrungsergänzungsmittel	Utopia Silver Präparat Kolloidales Silber	Utopia Silver Supplements	ionisiertes kolloidales Silber	<a href="http://www.utopiasilver.com/products/silver/">http://www.utopiasilver.com/products/silver/</a>	
Nahrungsergänzungsmittel	Sunshine Mist Vitamin D Spray	Mercola Advanced Nutrition	Nano-Vitamin D	<a href="http://bit.ly/20quqI9">http://bit.ly/20quqI9</a> <a href="http://www.nutrivital.co.uk">http://www.nutrivital.co.uk</a>	Das Spray einfach in den Mund sprühen. Die Kleinen Nanokügelchen geben Vitamin D langsam frei.
Nahrungsergänzungsmittel	VitaQ10 nanoliquid	Viabiona	Coenzym Q10	<a href="http://bit.ly/1V64Uq1">http://bit.ly/1V64Uq1</a> <a href="http://www.viabiona.com/de/">http://www.viabiona.com/de/</a>	Was lange Zeit als unmöglich galt, ist dank modernster Nanotechnologie endlich gelungen: Das lebenswichtige Coenzym Q10 über einen patentierten Prozess in kleinste Partikel zu zerlegen und so in flüssiger Form als hoch bioverfügbares Mikronährstoff-Produkt herzustellen.
Nahrungsergänzungsmittel	Nano-2+	Ma'at Shop	Nano-Spuren-elemente	<a href="http://bit.ly/1O9IHYK">http://bit.ly/1O9IHYK</a> <a href="http://spiritofmaat.com">http://spiritofmaat.com</a>	
Nahrungsergänzungsmittel	Spray for Life Vitamine	Health Plus International	Nano-Tröpfchen versch. Vitamine	<a href="http://sprayforlife.com/">http://sprayforlife.com/</a>	
Nahrungsergänzungsmittel	Nanocuticals Hydracel	RBC Lifesciences	unspezifischer Nano-Inhalt	<a href="http://bit.ly/1PFBePa">http://bit.ly/1PFBePa</a> <a href="http://www.rbc Lifescience.net/">http://www.rbc Lifescience.net/</a>	
Nahrungsergänzungsmittel	Nanocuticals Mycrohydrin Powder	RBC Lifesciences	Mycrohydrin	<a href="http://rbcjeff.tripod.com/p01.htm">http://rbcjeff.tripod.com/p01.htm</a>	
Nahrungsergänzungsmittel	Nanocuticals Silver 22	RBC Lifesciences	kolloidales Nano-Silber	<a href="http://bit.ly/1Po0VDR">http://bit.ly/1Po0VDR</a> <a href="http://www.rbc life.info">http://www.rbc life.info</a>	

## Verpackungen – auf dem deutschen Markt erhältlich

Produkt/Kategorie	Produkt	Hersteller	Nano-Inhalt	Webadresse/Quelle	Produktbeschreibung/Werbewersprechen des Herstellers
Verpackung	Fresh Safe PET	KHS Plasmax	Nano-Siliziumdioxid	<a href="http://freshsafepet.khs.com/#3-technologie">http://freshsafepet.khs.com/#3-technologie</a> <a href="http://bit.ly/1PQT1EX">http://bit.ly/1PQT1EX</a> <a href="http://www.bio-suisse.ch">http://www.bio-suisse.ch</a>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hinter FreshSafe-PET® verbirgt sich das Beschichtungsverfahren von KHS Plasmax. Die Innenseite der PET-Flasche wird mit einer hauchdünnen, reinen Glasschicht veredelt, die den Inhalt nicht nur zuverlässig schützt, sondern auch glänzend aussieht.</li> <li>Flaschen mit Nano-Siliziumoxid (SiO) oder mit einer Nano-Kohlenstoffschicht.</li> <li>Die SiO-Innenbeschichtung liefert die deutsche Firma KHS mit Plasmax (Quelle: Bio-Suisse, siehe Link)</li> </ul>
Verpackung	Durethan	Lanxess (ehemaliges Tochterunternehmen von Bayer)	Siliziumdioxid in einer Nano-Zusammensetzung auf Polymerbasis	<a href="http://bit.ly/106okpc">http://bit.ly/106okpc</a> <a href="https://techcenter.lanxess.com">https://techcenter.lanxess.com</a> <a href="http://bit.ly/1Slof8Y">http://bit.ly/1Slof8Y</a> <a href="http://www.nanowissen.bayern.de">http://www.nanowissen.bayern.de</a>	Silizium-Nanopartikel im Plastik verhindern das Eindringen von Sauerstoff und anderen Gasen. Die Haltbarkeit wird dadurch verlängert. Nano-PA6 mit abwechselnden Polymer-Silikat-Schichten.
Verpackung	PlasmaPlus	plasmatreat	unspezifischer Nano-Inhalt	<a href="http://bit.ly/1QbFCsE">http://bit.ly/1QbFCsE</a> <a href="http://www.plasmatreat.de">http://www.plasmatreat.de</a>	Glasartig transparente und dennoch flexible, stoß- und reibungsfeste Nano-beschichtung für Getränkeverpackungen. Verbesserung der Barriereigenschaften.
Verpackung	Nanobionische Papier und Karton imprägnierung	CTC Nanotechnology GmbH	unspezifischer Nano-Inhalt	<a href="http://bit.ly/1QgYA14">http://bit.ly/1QgYA14</a> <a href="http://www.ctc-nanotechnology.com">http://www.ctc-nanotechnology.com</a>	Das Spezialprodukt ist eine ultradünne nanobionische Hochleistungs-Papier Hydrophobierung auf Wasserbasis z. B. für Lebensmittel- und Getränkeverpackungen.

## Auf dem internationalen Markt erhältlich (Beispiele)

Verpackung	Nano-Zinkoxid Plastikfolie	Song-Sing Nano Technology	Nano-Zinkoxid und Nano-Siliziumdioxid	<a href="http://bit.ly/1QZyZQ">http://bit.ly/1QZyZQ</a> <a href="http://www.ssnano.net/en">http://www.ssnano.net/en</a>	Dieses Nano-Siliziumdioxid kann zu Gummi, Plastik, Beschichtungen u.a.m. zugefügt werden.
Verpackung	Beer Et FAB Packaging with Aegis® OXCE Barrier Nylon Resin	Honeywell	Nano-Zusammensetzung auf Nylonbasis	<a href="http://bit.ly/1SioQHx">http://bit.ly/1SioQHx</a> <a href="http://www.honeywell-pmt.com">http://www.honeywell-pmt.com</a> <a href="http://www.nanocor.com/products.asp">http://www.nanocor.com/products.asp</a>	Verpackung fungiert als Sauerstoff- und Kohlenstoffdioxidsschranke, ist durchsichtig, wiederverwertbar, einfach vorzuformen, aroma- und geruchs-undurchlässig, weltweit in Anwendungen zu finden
Verpackung	Imperm®	Nanocor	Nano-Zusammensetzung mit Nylon	<a href="http://www.nanocor.com/products.asp">http://www.nanocor.com/products.asp</a>	Mit Nanopartikeln verstärkter Kunststoff. Die Flaschen zerbrechen nicht so einfach und die Haltbarkeit verlängert sich.

## Verpackungen – auf dem internationalen Markt erhältlich (Beispiele)

Produkt/Kategorie	Produkt	Hersteller	Nano-Inhalt	Webadresse/Quelle	Produktbeschreibung/Werbewersprechen des Herstellers
Verpackung	Light Stabilizer 210 (DLS 210, sun protection for plastics)	DuPont	Nano-Titandioxid	<a href="http://bit.ly/1O6pcKs">http://bit.ly/1O6pcKs</a> <a href="http://www2.dupont.com">http://www2.dupont.com</a>	DLS 210, Sonnenschutz für Plastik
Verpackung	TopScreen DS 13	TOPCHIM (Belgien)	unspezifischer Nano-Inhalt	<a href="http://bit.ly/1OvUWdT">http://bit.ly/1OvUWdT</a> <a href="http://www.nanodaten.de">http://www.nanodaten.de</a>	TopScreen DS13 is an easily recyclable water based coating which contains a biopolymer with a monodisperse distribution of nano-particles with a regular shape. This coating technology is developed to replace hard to recycle wax emulsion coatings for water barriers in paper and board packaging. TopScreen DS13 is approved for a wide variety of paper and board packaging with food contact.
Verpackung	Bairicade XT	NanoPack	Nano-Ton 250nm	<a href="http://bit.ly/1OZyDA1">http://bit.ly/1OZyDA1</a> <a href="http://www.foodproductiondaily.com">http://www.foodproductiondaily.com</a>	Eingesetzt wird eine 250 nm dicke Nano-Ton Schicht für Snacks, Nüsse, Gewürze, Bonbons, Kaffee und Tee.
Verpackung	OnCap™ BIO Impact T Transparent impact modifier for polylactic acid	Poly one	Nano-Ton	<a href="http://bit.ly/1mHrrO8">http://bit.ly/1mHrrO8</a> <a href="http://www.polyone.com">http://www.polyone.com</a>	Eine Kombination von Zusätzen und Molekülen in Nano-Größe für den Einsatz bei Lebensmittel- und Getränkeverpackungen u.a.m.
Verpackung	NanoArc® Zinc Oxide (UV-Schutz)	Nanophase Technologies bietet das Produkt	Nano-Zinkoxid	<a href="http://nanophase.com/products/zinc-oxide/">http://nanophase.com/products/zinc-oxide/</a>	Diese NanoArc® Zinc Oxide Nano-Partikel können für eine breite Menge an UV-Beschichtungen genutzt werden.
Verpackung mit Nano-Sensor	Firma ripeSense (Neuseeland)	ripeSense	unspezifischer Nano-Inhalt	<a href="http://www.ripesense.co.nz/">http://www.ripesense.co.nz/</a>	ripeSense Sensoren zeigen den Reifegrad von Früchten zuverlässig an.
Verpackung	N-Coat	Multifilm Packaging Corporation	Polymer Nano-Zusammensetzung	<a href="http://multifilm.com/?page_id=177#">http://multifilm.com/?page_id=177#</a>	Durchsichtiger Verbundstoff, wirkt hervorragend als Gasbarriere, speziell für die Verpackung von Nüssen, getrockneten Lebensmitteln und Snacks entwickelt.

## Küchengeräte und -geräte auf dem deutschen Markt erhältlich

Produkt/Kategorie	Produkt	Hersteller	Nano-Inhalt	Webadresse/Quelle	Produktbeschreibung/Werbeversprechen des Herstellers
Kühlschrank	Kühlschrank R-26SVND-1	Hitachi	„Nano-Titanfilter“	<a href="http://www.kaut.de/hitachi/klimamedia.php">http://www.kaut.de/hitachi/klimamedia.php</a>	Dieser Filter vernichtet alle Bakterien und schlechten Gerüche und bringt Ihnen gesunde und nahrhafte Lebensmittel frei von jeglichen Krankheitserregern.
Wasserfilter	WACOR Trinkwasser Spen-der HU-200	Wacor	Nano-Silber	<a href="http://bit.ly/1QvYL2L">http://bit.ly/1QvYL2L</a> <a href="http://wacor.de">http://wacor.de</a>	Nanosilber-Membran-Filter
Kochgeschirr	Exdura NANO Pfannen	Westfalia	Nano-Keramik	<a href="http://bit.ly/1o9Dgyr">http://bit.ly/1o9Dgyr</a> <a href="http://www.1.westfalia.de">http://www.1.westfalia.de</a>	Die innovative Nano-Keramik-Antihafbeschichtung ist hoch erhitzebar, extrem hart und verträgt auch Metallwender problemlos.
Spüle	Nanogranit-Einbauspüle »Sydney«	BAUR	Nano-Granit	<a href="http://bit.ly/1KK8nua">http://bit.ly/1KK8nua</a> <a href="http://www.gartendeko-ideen.de">http://www.gartendeko-ideen.de</a>	Nanogranit mit Perleffekt.

## Küchengeräte und -geräte auf dem internationalen Markt erhältlich (Beispiele)

Frischhaltebox	Fresh Box Silber Nanopartikel Lebensmittelauflagerungsbehälter	BlueMoonGoods	Nano-Silber	<a href="http://bit.ly/1Xns6SI">http://bit.ly/1Xns6SI</a> <a href="http://web.archive.org">http://web.archive.org</a>	Lebensmittel bleiben länger frisch in der besten Frischhaltebox auf dem Markt.
Geschirr	Nano-Silber Teekanne	SongSing	Nano-Silber	<a href="http://bit.ly/1O6sFsy">http://bit.ly/1O6sFsy</a> <a href="http://www.ssnano.net">http://www.ssnano.net</a>	antibakteriell
Kochgeschirr	selbstklebende Antihafbeschichtung für Glaskuchentformen	nanotechnology Nanofilm LTD	Generische Nanobeschichtung	<a href="http://bit.ly/1V8p4ji">http://bit.ly/1V8p4ji</a> <a href="http://www.nanofilmtechnology.com/">http://www.nanofilmtechnology.com/</a>	Antihaf, langlebig, gibt Schadstoffe ab, nicht korrodierend, wird vom Originalhersteller aufgetragen.
Küchengeräte	Oilfresh 1000	Oilfresh Corp	Nanokeramik, katalytische Pellets	<a href="http://bit.ly/1PHdo3l">http://bit.ly/1PHdo3l</a> <a href="http://www.oilfresh.com">http://www.oilfresh.com</a>	Katalytisches Hilfsmittel, verlängert die Verwendbarkeit von Frittieröl.
Kühlschrank	LG Kühlschtank SXS	LG Electronics	Nano-Aktivkohle	<a href="http://bit.ly/24accPR">http://bit.ly/24accPR</a> <a href="http://img.billiger.de">http://img.billiger.de</a>	Mit Hilfe der wiederverwendbaren Nano-Aktivkohle-Desodorierungsvorrichtung kann der Kühlschrank von Gerüchen befreit werden.
Wasserfilter	NanoCeram About NanoCeram® Filters NanoCeram® filters	Argonide (USA)	Nano-Aluminium	<a href="http://bit.ly/20PPMnD">http://bit.ly/20PPMnD</a> <a href="http://www.argonide.com">http://www.argonide.com</a> <a href="http://bit.ly/2buJ7ZO">http://bit.ly/2buJ7ZO</a>	Nano alumina is combined into a microglass fiber matrix to form an electropositive (~+50 mV) filter media and is then converted into pleated cartridges. The active ingredient is a nano alumina fiber that is only 2 nanometers in diameter and about 250 nm long and is grafted to a microglass fiber backbone
Wasserfilter	Wasserfilter mit Nanosilber	SongSing nanotechnology	Nano-Silber/ Nano-Zinkoxid	<a href="http://bit.ly/1KK9CJP">http://bit.ly/1KK9CJP</a> <a href="http://www.ssnano.net">http://www.ssnano.net</a>	

## Reinigungsmittel und Beschichtungen für Küchenu tensilien auf dem deutschen Markt erhältlich

Produkt/Kategorie	Produkt	Hersteller	Nano-Inhalt	Webadresse/Quelle	Produktbeschreibung/Werbversprechen des Herstellers
Beschichtung	Die Nano Experten Kühlschranks Veredelung	Nanopool / Die Nano Experten	Nano-Siliziumdioxid	<a href="http://bit.ly/1QbklDF">http://bit.ly/1QbklDF</a> <a href="http://www.dienanosexperten.eu">http://www.dienanosexperten.eu</a>	Die Oberfläche wird durch die Veredelung so glatt, dass weder Schmutz noch Bakterien haften bleiben und durch Abwischen problemlos entfernt werden können.
Reinigung	Sidolin (Nano protect)	Henkel	unspezifischer Nano-Inhalt	<a href="http://amzn.to/1o9lKcQ">http://amzn.to/1o9lKcQ</a> <a href="http://www.amazon.de">http://www.amazon.de</a>	Der Glasreiniger mit Nano-Protect-Formel sorgt für 2 x mal längeren Glanz auf Glas und glatten Flächen.
Reinigung	Zielotex Geschirrtuch	Zielonka	Nano-Silber	<a href="http://bit.ly/1QbL5j3">http://bit.ly/1QbL5j3</a> <a href="http://www.zielonka-shop.com/">http://www.zielonka-shop.com/</a>	2012: Reine Natur (Verwendung von Nano-Silber). Streifenfreier Glanz durch Active - Silver 2014: kleinste Silberpartikel in die Mikrofasern einzubringen. Die so behandelte Mikrofaser gibt kontinuierlich Silberionen ab und zerstört dadurch Bakterien und Pilze.
Beschichtung	Nanopool	Nanopool	Nano-Siliziumdioxid 100 nm dick	<a href="http://www.nanopool.eu/oberflaechen/">http://www.nanopool.eu/oberflaechen/</a>	Antibakterielle Beschichtungen für Tischdecken, Backöfen, Grill und Kühlschränke bietet die deutsche Firma Nanopool an. Grundlage ist eine 100 nm dicke Siliziumdioxid Schicht.
Beschichtung	NANOIDENT Pro Distance	CTC Nanotechnology GmbH	unspezifischer Nano-Inhalt	<a href="http://bit.ly/1QgYAl4">http://bit.ly/1QgYAl4</a> <a href="http://www.ctc-nanotechnology.com">http://www.ctc-nanotechnology.com</a>	Nano-Antihaftmittel für Glas, Lack, Edelstahl, Aluminium u. Gummi z. B. bei Backöfen oder in der Lebensmittelproduktion.
Beschichtung	NANOIDENT Innoxshield Forte	CTC Nanotechnology GmbH	unspezifischer Nano-Inhalt	<a href="http://bit.ly/1QgYAl4">http://bit.ly/1QgYAl4</a> <a href="http://www.ctc-nanotechnology.com">http://www.ctc-nanotechnology.com</a>	Nanobionik - Schutzbeschichtung für Edelstahl z.B. in Küchen
Beschichtung	nanoproofed® protection Chrom und Edelstahl Versiegelung	Nanoproofed	unspezifischer Nano-Inhalt	<a href="http://bit.ly/1mCmk1z">http://bit.ly/1mCmk1z</a> <a href="http://www.nanoproofed.de">http://www.nanoproofed.de</a>	nanoproofed® protection Chrom-Edelstahl-Versiegelung ist ein Beschichtungsmaterial auf Basis der chemischen Nanotechnologie. Es erzeugt ein sehr gutes Abperlverhalten von wässrigen Flüssigkeiten und erleichtert die Entfernung von Schmutz auf Chrom/Edelstahl.
Beschichtung	Nanotol Clean & Shine Nanoversiegelung	CeNano	unspezifischer Nano-Inhalt	<a href="http://amzn.to/1KDX0At">http://amzn.to/1KDX0At</a> <a href="http://www.amazon.de">http://www.amazon.de</a>	Nanoversiegelung für alle Oberflächen in der Küche bildet eine unsichtbare Schmutz und Fett abweisende Schutzschicht - erleichtert die regelmäßige Reinigung erheblich, ermöglicht die Reinigung mit purem Wasser, auch bei fettigen Verschmutzungen.
Beschichtung	Nanotol Universal Nano-Versiegelung	CeNano	unspezifischer Nano-Inhalt	<a href="http://bit.ly/1QCzWCm">http://bit.ly/1QCzWCm</a> <a href="http://www.cenano.de">http://www.cenano.de</a>	Nanotol bietet eine breite Palette an Anwendungsmöglichkeiten und schützt die Oberfläche durch eine unsichtbare Nanopolymerschicht.
Beschichtung	Wenko Nano Badversiegler	Wenko	unspezifischer Nano-Inhalt Kohlenstoff	<a href="http://bit.ly/1SrCJ74">http://bit.ly/1SrCJ74</a> <a href="http://www.weitbild.de">http://www.weitbild.de</a>	Beim Reinigen mit „Nano Plus“-Produkten sorgt ein unsichtbarer Schutzfilm dafür, dass alles länger sauber bleibt. Oberflächen werden quasi versiegelt, so dass Schmutz für lange Zeit einfach abperlt.

## Reinigungsmittel und Beschichtungen für Küchengeräten auf dem internationalen Markt erhältlich

Produkt/Kategorie	Produkt	Hersteller	Nano-Inhalt	Webadresse/Quelle	Produktbeschreibung/Werbeversprechen des Herstellers
Beschichtung	Actis-Lite für PET Flaschen	Sidel	20-200 nm	<a href="http://bit.ly/1PQT1Ex">http://bit.ly/1PQT1Ex</a> <a href="http://www.bio-suisse.ch">http://www.bio-suisse.ch</a>	Dünne Schicht für weniger empfindliche Lebensmittel
Beschichtung	Oil fresh	Oil Fresh Cooperation	unspezifischer Nano-Inhalt	<a href="http://bit.ly/1PHdo31">http://bit.ly/1PHdo31</a> <a href="http://www.oilfresh.com">www.oilfresh.com</a>	
Reinigung	Spülbürste für Babyfläschchen	Sang Shin	Nano-Silber	<a href="http://www.i-sangshin.com/">http://www.i-sangshin.com/</a>	
Reinigung	verschiedene Reinigungsprodukte	Nanogist, Co Ltd	Nano-Silber	<a href="http://www.nanogist.com/English/English.htm">http://www.nanogist.com/English/English.htm</a>	
Reinigung	Nano-Silberspray	Song-Sing Nano Technology	Nano-Silber	<a href="http://bit.ly/1PM9eXS">http://bit.ly/1PM9eXS</a> <a href="http://www.ssnano.net">http://www.ssnano.net</a>	Dieses Nano-Silber-Spray hilft gegen die Vogelgrippe. Einfach direkt in die Umwelt sprühen, überall hin, wo es eine Ansteckung geben könnte.

## Landwirtschaft – auf dem deutschen Markt erhältlich

Produkt/Kategorie	Produkt	Hersteller	Nano-Inhalt	Webadresse/Quelle	Produktbeschreibung/Werbeversprechen des Herstellers
Agrochemikalie	Primo MAXX Wachstumsregler (Verkauf bis Ende April 2016 erlaubt, Anwendung bis Ende April 2017)	Syngenta	unspezifischer Nanoinhalt	<a href="http://www.syngenta.ca">http://www.syngenta.ca</a>	Von Syngenta sind Nano-Pestizide auf dem Markt, die als micro-emulsionen vermarktet werden. Syngenta Aussage 2007: „Die extrem kleine Partikelgröße sorgt dafür, dass sich Primo MAXX vollständig mit Wasser mischen lässt und keine Rückstände in den Spritztanke zurückbleiben. Mikroemulsionskonzentrat mit 100 nm großen Partikeln.“
Agrochemikalie	Banner MAXX Fungizid (Verkauf bis Ende April 2016 erlaubt, Anwendung bis Ende April 2017)	Syngenta	unspezifischer Nanoinhalt	<a href="http://www.syngenta.ca">http://www.syngenta.ca</a>	Von Syngenta sind Nano-Pestizide auf dem Markt, die als micro-emulsionen vermarktet werden. Syngenta Aussage 2007: „Banner MAXX ist ein Fungizid, das den Krankheitsbefall bei Torf und Zierpflanzen effektiv und breit gefächert reguliert. Die Mikroemulsionsrezeptur bietet hervorragende Mischeigenschaften in großen Tanks sowie Produktstabilität. Die Lösung ist geruchsneutral und klar. Mikroemulsionskonzentrat mit 100 nm großen Partikeln.“

## Landwirtschaft – auf dem internationalen Markt erhältlich (Beispiele)

Agrochemikalie	Nano-Argentum 10 Pflanzenstärkungsmittel oder Pestizid (befindet sich in Überprüfung)	Nano-Sys GmbH (Schweiz)	Nano-Silber	<a href="http://bit.ly/1SPL9Wv">http://bit.ly/1SPL9Wv</a> <a href="http://www.nanosys.ch">http://www.nanosys.ch</a>	Vorbeugend eingesetzt verhindert Nano-Argentum 10 auf natürliche Art und Weise und ohne den Einsatz von giftigen Chemikalien, dass Pflanzen kränkeln.
Agrochemikalie	NanoGro Pflanzenstärkungsmittel oder Pestizid (befindet sich in Überprüfung) > ist nicht in der Liste der Pflanzenstärkungsmittel zu finden und wird nicht in Dt. verkauft Anfrage beim BVL läuft	Agro Nanotechnology Corporation (USA)	Eisen, Cobalt, Aluminium, Magnesium, Mangan, Nickel, Silber	<a href="http://www.agronano.com/nanogro.htm">http://www.agronano.com/nanogro.htm</a> <a href="http://bit.ly/1mCxV0o">http://bit.ly/1mCxV0o</a> <a href="http://www.agrarius.eu">http://www.agrarius.eu</a>	Nano-Gro® wurde unter nach den Prinzipien der Nanotechnologie entwickelt. Die in Nano-Konzentrationen (10-9 Mol) enthaltenen Sulfate der Elemente Fe, Co, Al, Mg, Mn, Ni, Ag, die in einem Oligosaccharid-Granulat eingeschlossen sind, mobilisieren nach der Auflösung in Wasser und Aufnahme durch die Pflanze einen Antistress-Abwehrmechanismus der Pflanze, ohne dass ein tatsächlicher Stressfaktor vorliegt.
Agrochemikalie	Pestizid mit Nano-Ton Dünger	Geoflow USA	Nano-Ton	<a href="http://bit.ly/1RFkn1p">http://bit.ly/1RFkn1p</a> <a href="http://www.geoflow.com">http://www.geoflow.com</a>	Die US Firma Geoflow stellt ein Pestizid mit Nano-Ton her, das als Dünger eingesetzt werden könnte (Observatory Nano 2012).

## Landwirtschaft – auf dem internationalen Markt erhältlich

Produkt/Kategorie	Produkt	Hersteller	Nano-Inhalt	Webadresse/Quelle	Produktbeschreibung/Werbversprechen des Herstellers
Agrochemikalie	Vive Nano-Kapseln für Herbizide	Vive (Kanada)	Nano-Kapseln	<a href="http://bit.ly/1ofQNDP">http://bit.ly/1ofQNDP</a> <a href="http://www.specialchem4cosmetics.com">http://www.specialchem4cosmetics.com</a>	„einzigartigen Technologie zur Verkapselung von synthetischen Nanopartikeln“
Agrochemikalie	Nano Rootguard Freisetzung von Herbiziden	Geofflow USA	Nano-Ton	<a href="http://www.geofflow.com/rootguard.html">http://www.geofflow.com/rootguard.html</a>	Plastikrohr zur Bodenbewässerung für den Einsatz in der Landwirtschaft. Genutzt werden nanoskalige Tonplättchen, um die langsame Freisetzung von Herbiziden vom Plastik in den Boden zu gewährleisten.
Agrochemikalie	APRON MAXX RFC Saatgutbehandlungsmittel	Syngenta	Emulsion mit 100 nm großen Partikeln (Mikroemulsionskonzentrat)	<a href="http://bit.ly/1TqL1MF">http://bit.ly/1TqL1MF</a> <a href="http://www.syngenta.ca">http://www.syngenta.ca</a>	Syngenta Aussage: „APRON MAXX ist ein Fungizid zur Saatgut-Komplettbehandlung für Sojabohnen und enthält Mefenoxam und Fludioxonil. Mikroemulsionskonzentrat mit 100 nm großen Partikeln.“
Agrochemikalie	Nanocid®	Nano Nasb Pars Co. (Iran)	Nano-Silber	<a href="http://www.nanocid.com/">http://www.nanocid.com/</a>	Diese Produkte enthalten Nano-Silber in kolloidaler und Pulverform.



Broschüre „Nanomedizin“



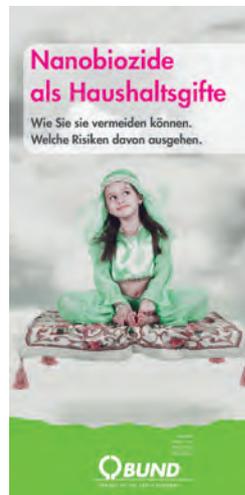
Broschüre „Nanosilber – Der Glanz täuscht“



Broschüre „Löst Nanotechnologie unsere Umweltprobleme?“



Faltblatt „Nanomaterialien in Lebensmitteln“



Faltblatt „Nanobiozide als Haushaltsgifte“



Faltblatt „Nanomaterialien in Kosmetika“



Broschüre „Nanotechnologie – wo sie eingesetzt wird und was das mit deinem Leben zu tun hat“

Unsere internationalen Partner von Friends of the Earth Europe, USA und Australien bieten weitere Informationen auf Englisch: [www.foeeurope.org](http://www.foeeurope.org), [www.foe.org](http://www.foe.org), [www.foe.org.au](http://www.foe.org.au)

## Die Erde braucht Freundinnen und Freunde

Der BUND ist ein Angebot: an alle, die unsere Natur schützen und den kommenden Generationen natürliche Lebensgrundlagen erhalten zu wollen.

Zukunft mitgestalten – beim Schutz von Tieren, Pflanzen und Flüssen, bei der Stärkung des Verbraucherschutzes und natürlich beim Schutz unseres Klimas. Vor Ort, national und international. Wir laden Sie ein, dabei zu sein!

Unterstützen Sie unsere Arbeit für eine Zukunft ohne Gift und transparente, verständliche Verbraucherinformationen.

**BUND**  
FRIENDS OF THE EARTH GERMANY

Werden Sie jetzt BUNDmitglied

ganz einfach unter: [www.bund.net/mitgliedwerden](http://www.bund.net/mitgliedwerden)

Dieses Projekt wurde gefördert von:



Dieses Projekt wurde gefördert durch das Umweltbundesamt und das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit. Die Mittelbereitstellung erfolgt auf Beschluss des Deutschen Bundestages. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.