



ENDSTATION MENSCH

Aus dem Labor auf den Teller

Die Nutzung der Nanotechnologie
im Lebensmittelsektor

Bund für
Umwelt und
Naturschutz
Deutschland

 **BUND**
FREUNDE DER ERDE

Inhalt

| | |
|--|----|
| Vorwort | 2 |
| Kurzfassung | 4 |
| 1. Einführung in die Nanotechnologie | 7 |
| 2. Nanomaterialien erobern unseren Alltag | 11 |
| 3. Die Nutzung der Nanotechnologie in der Lebensmittelverarbeitung | 14 |
| 4. Lebensmittelverpackungen und Küchenartikel | 20 |
| 5. Nanotechnologie und Landwirtschaft | 25 |
| 6. Risiken für die menschliche Gesundheit | 28 |
| 7. Risiken für die Umwelt | 33 |
| 8. Gesunde Ernährung und zukunftsfähige Landwirtschaft | 36 |
| 9. Bestehende Gesetze gewähren keine Sicherheit | 38 |
| 10. Forderungen des BUND | 42 |
| Literatur | 44 |
| Glossar | 51 |
| Anhang A (Produktlisten) | 52 |
| Anhang B (beim Deutschen Patentamt angemeldete Patente) | 62 |

Vorwort

Die Nanotechnologie gilt als die Zukunftstechnologie des 21. Jahrhunderts. Sie wird nicht nur als entscheidend für die weitere Entwicklung vieler Industriezweige gesehen, sie soll auch maßgeblich dazu beitragen können, Probleme wie Unterernährung und Klimawandel zu bekämpfen.

Nanotechnologie wird als Plattformtechnologie bezeichnet, da sie in vielen verschiedenen Bereichen angewendet werden kann. Die Bandbreite der Anwendungen reicht vom Einsatz in der Elektronikbranche und beim Automobilbau über die Nutzung in der Architektur und der Medizin bis zum Gebrauch bei Kosmetika, Textilien und Lebensmitteln. Schon jetzt enthalten Hunderte von Verbrauchsgütern synthetische Nanomaterialien, und auch im Lebensmittelsektor und der Landwirtschaft werden sie eingesetzt.

Durch den Einsatz der Nanotechnologie erhalten Stoffe völlig neue Eigenschaften oder bereits bekannte Eigenschaften werden verstärkt. Diese Eigenschaftsänderungen resultieren aus der stark vergrößerten Oberfläche bei Nanopartikeln, die im Vergleich zu größeren Partikeln des gleichen Stoffes eine höhere chemische Reaktivität mit sich bringen. Gerade diese Eigenschaften können jedoch auch zu einer höheren Toxizität der Nanopartikel im Vergleich zu größeren Partikeln führen. Es gibt eine zunehmende Zahl an Hinweisen, dass die neuen Materialien sowohl erhebliche Gesundheits- und Umweltrisiken bergen als auch umfassende soziale, wirtschaftliche und ethische Herausforderungen mit sich bringen.

Der Einsatz synthetischer Nanomaterialien erfolgt bisher weitgehend ohne das Wissen der Öffentlichkeit. Nur wenige Hersteller versehen ihre Produkte zu Werbezwecken mit der zusätzlichen Aufschrift „Nano“. Verpflichtend ist dies jedoch nicht. Daher haben die meisten Konsumenten bisher kaum etwas über den Einsatz synthetischer Nanomaterialien gehört. Allerdings zeigen erste Umfragen, dass viele Menschen der Anwendung kritisch gegenüber stehen, wenn sie Basisinformationen über die Nanotechnologie erhalten haben: Die Teilnehmer einer 2006 stattgefundenen Verbraucherkonferenz des deutschen Bundesinstituts für Risikobewertung (BfR) hatten große Zweifel gegenüber der Anwendung der Nanotechnologie und forderten eine „verständliche Kennzeichnung, klare Definitionen, Begrifflichkeiten und Standards sowie deutlich mehr

Forschung zu potenziellen Risiken, bevor die Nanotechnologie verstärkt in verbrauchernahen Produkten eingesetzt wird“ (BfR 2006). Auch bei einer weiteren repräsentativen Befragung des BfR gab die Mehrheit der Befragten nicht nur an, selbst keine Nano-Lebensmittel essen zu wollen, sondern auch grundsätzlich gegen die Verwendung der Nanotechnologie in Lebensmitteln zu sein. 69% sprachen sich gegen den Einsatz von Nano-Zusätzen in Gewürzen aus, sogar 84% lehnten den Einsatz von Nanomaterialien ab, um Lebensmittel länger ansprechend aussehen zu lassen (BfR 2007).

Die von Verbrauchern geforderte Transparenz stößt in der Lebensmittelindustrie bisher jedoch auf taube Ohren: Bis heute wird nicht offen gelegt, welche Lebensmittel und Verpackungsmaterialien synthetische Nanomaterialien enthalten. Selbst die zuständigen Behörden wissen nicht, wo diese Materialien bereits kommerziell eingesetzt werden – das ergaben Gespräche mit Behördenvertretern in Deutschland, den USA und Australien.

Unsere Zusammenstellung bleibt lückenhaft und stellt sicherlich nur die Spitze des Eisbergs der auf dem Markt befindlichen Nano-Produkte dar, da nur wenige Firmen aus dem Lebensmittelsektor die Verwendung von Nanomaterialien offenlegen. Der BUND will mit dieser Studie beginnen, einen Teil der Transparenz herzustellen, die der Öffentlichkeit bisher von der Lebensmittelindustrie vorenthalten wird. Zudem soll mit dieser Veröffentlichung ein Beitrag zur Diskussion um die notwendige sichere Handhabung der Nanotechnologie durch den Gesetzgeber und die Industrie geleistet werden.



Prof. Dr. Wilfried Kühling

Vorsitzender des Wissenschaftlichen Beirats des BUND

Kurzfassung

Weitgehend unbemerkt von der Öffentlichkeit spielen sich auf dem Lebensmittelmarkt derzeit tiefgreifende Veränderungen ab. Künstlich hergestellte Nanomaterialien werden immer mehr Lebensmitteln und Nahrungsergänzungsmitteln zugefügt und landen so auf unseren Tellern. Auch Lebensmittelverpackungen sowie Küchenutensilien und -geräte (wie z.B. Kühlschränke) werden immer häufiger mit Nanomaterialien ausgestattet, um ihnen neue Produkteigenschaften zu verleihen. Über den Einsatz in Düngern und Pestiziden halten Nanomaterialien Einzug in die Landwirtschaft und gelangen somit direkt in die Umwelt. Gleichzeitig wächst die Zahl wissenschaftlicher Studien, die auf mögliche Gesundheits- und Umweltrisiken verweisen.

Doch während die Industrie fleißig neue Nanoprodukte auf den Markt bringt, hinkt die Gesetzgebung hinterher: Weltweit gibt es bislang keinerlei verpflichtende Sicherheitsstandards und -tests für Nanoprodukte, auch nicht für deren Einsatz im Lebensmittelbereich. Auch die deutsche Bundesregierung sieht „gegenwärtig grundsätzlich keinen Veränderungsbedarf bei bestehenden Gesetzen und Verordnungen aufgrund nanotechnologischer Entwicklungen“ (Deutscher Bundestag 2007).

Meinungsumfragen zeigen, dass die meisten Verbraucher keine Lebensmittel mit Nanozusätzen kaufen würden. Doch eine Wahlmöglichkeit haben sie nicht: In den seltensten Fällen werden Nano-Lebensmittel auch als solche verkauft, denn es gibt bisher keine Kennzeichnungspflicht.

In der ersten Veröffentlichung dieser Art wollen der BUND und seine Partnerorganisationen Friends of the Earth Australien, Europa und USA nun etwas Licht in das Dickicht des Nano-Lebensmittelmarktes bringen: Wir zeigen in welchen Bereichen der Lebensmittelherstellung, Lebensmittelverpackung, Küchenausstattung und Landwirtschaft Nanomaterialien Anwendung finden, welche Risiken für Mensch und Umwelt damit verbunden sein können und wie es um die Gesetzgebung steht.

Wo werden Nanomaterialien eingesetzt?

Nanomaterialien werden bereits jetzt etlichen Lebensmitteln und Nahrungsergänzungsmitteln zugesetzt. Sie finden z.B. Anwendung, um

- Nahrungsmittel wie Erfrischungsgetränke, Speiseeis, Schokolade und Chips als „gesunde“ Lebensmittel vermarkten zu können, indem der Mineral- und Vitamingehalt erhöht wird,
- bestimmte Produkteigenschaften zu erzielen: So wird nanopartikuläres Siliziumdioxid als Rieselhilfe pulverförmigen Lebensmitteln wie Kochsalz, Gemüsebrühe, Gewürzmischungen und Puderzucker zugesetzt;
- aktive Substanzen wie Vitamin A und E, Omega 3 oder Koenzym Q 10 in Nano-Kapseln eingeschlossen durch das Verdauungssystem zu schleusen, um sie erst an ihrem gewünschten „Einsatzort“ im Körper wirksam werden zu lassen (enthalten z.B. in Fleisch-, Milch- und Backwaren);
- stärkere Geschmacks- und Farbstoffe sowie Verarbeitungshilfen zu entwickeln, wodurch die Produktionskosten gesenkt werden können.

Weit verbreitet ist auch der Einsatz von Nanomaterialien im Bereich von Lebensmittelverpackungen sowie Küchenutensilien und -geräten. So werden Nanomaterialien verwendet, um Verpackungen und Küchenprodukte antibakteriell zu beschichten. In Entwicklung sind außerdem Verpackungen, die aktiv auf den Inhalt reagieren und unter bestimmten Bedingungen Nährstoffe oder antibakterielle Substanzen in die Nahrung abgeben oder mit einem Farbwechsel reagieren, wenn der Inhalt verdorbt.

Auch in die Landwirtschaft hat die Nanotechnologie bereits Einzug gehalten. So können z.B. die Wirkstoffe von Agrochemikalien wie Pestiziden und Düngern in Nano-Kapseln umhüllt und dadurch effektiver eingesetzt werden. Die Nanotechnologie eröffnet zudem neue Möglichkeiten zur Genmanipulation von Nutzpflanzen.

Weltweit sind schätzungsweise bereits 150-600 Nano-Lebensmittel und 400-500 Lebensmittelverpackungen mit Nanozusätzen auf dem Markt. Tendenz steigend. Wegen der fehlenden Kennzeichnungspflicht ist es jedoch nur selten möglich, den bekannten Anwendungsbereichen oder beantragten Patenten auch konkrete Produkte zuzuordnen. Dennoch ist es gelungen, eine erste Liste mit 93 Produkten aus dem Lebensmittelbereich zusammenzutragen. Die ermittelten Nano-Produkte stellen jedoch mit Sicherheit nur die Spitze des Eisbergs dar, denn viele Hersteller machen keine Angaben zur Verwendung von Nanomaterialien.

Potentielle Risiken für den Menschen...

Nanomaterialien werden in der Regel als Materialien definiert, die in mindestens einer Dimension kleiner als 100 Nanometer (nm) sind. Materialien und Partikel in dieser Größe unterscheiden sich in vielen Fällen von größeren Teilchen der gleichen chemischen Zusammensetzung. Nanopartikel können eine andere Farbe, Leitfähigkeit, Festigkeit oder Löslichkeit usw. besitzen, sie können aber auch chemisch und biologisch reaktiver sein.

Aufgrund ihrer geringen Ausmaße und der durch die große Oberfläche gegebenen hohen Reaktivität können Nanopartikel wesentlich leichter als größere Partikel in den menschlichen Körper gelangen bzw. den Organismus schützende biologische Schranken wie die Plazenta oder Blut-Hirn-Schranke überwinden. Aufgrund einer höheren Bindefähigkeit können sie sich leichter an Zelloberflächen anlagern und leichter in Zellen, Gewebe und Organe eindringen. Da diese biologischen Eigenschaften jedoch auch bei Partikeln auftreten können, die einige hundert Nanometer groß sind, spricht aus wissenschaftlicher Sicht vieles dafür, auch größere Partikel in die Risikobewertung mit einzubeziehen. In einem ersten Schritt sollten alle Materialien unter ca. 300 nm als Nanomaterialien betrachtet werden. Bei Vorliegen weiterer Daten über Gesundheits- und Umweltrisiken sowie spezifische Eigenschaften muss diese Definition überprüft und gegebenenfalls erweitert werden.

Obwohl es bisher noch viel zu wenige Untersuchungen gibt, mehren sich die Hinweise, dass viele synthetische Nanomaterialien toxischer sind als die gleichen Substanzen in größerer Form. So z.B. bei Titandioxid: Es wird in Makro-Form häufig als chemisch träger Zusatzstoff in Nahrungsmitteln verwendet. Als Nanopartikel oder als Partikel mit einer Größe von nur einigen hundert Nanometern kann es zu Nieren- und Leberschäden führen. In vitro Versuche ergaben zudem, dass nanoskaliges Titandioxid die DNS und die Zellfunktionen schädigen und die Abwehrmechanismen von Immunzellen beeinträchtigen kann.

Auch Zink-Nanopartikel zeigten bei in vivo Versuchen, dass sie schwere Organschäden und Blutarmut verursachen können. Es konnte außerdem festgestellt werden, dass die antibakterielle und zytotoxische Wirkung (schädigt Gewebezellen) von Silber in Nano-Form – eingesetzt z.B. in Lebensmittelverpackungen – noch verstärkt wird, da eine größere Anzahl von Ionen freige-

setzt wird. So wirkten Nanopartikel aus Silber hochgiftig auf Keimzellen von Mäusen und Leberzellen von Ratten.

Es besteht ferner der Verdacht, dass eine erhöhte Aufnahme von Nanopartikeln und Kleinstpartikeln mit einer Größe von wenigen hundert Nanometern zu einer Erkrankung an Morbus-Crohn beitragen kann. Morbus-Crohn ist eine chronische Darmentzündung, die zu Krebs führen kann. Einige Studien zeigen auch, dass nicht abbaubare Nanomaterialien, die keine akute Toxizität aufweisen, sich im Körper anreichern und langfristig z.B. zu Blutgerinnseln oder auch Krebs führen können.

...und für die Umwelt

Obwohl es bisher nur wenige Studien über die Wirkung von Nanomaterialien auf die Umwelt gibt, so belegen diese doch, dass Nanomaterialien Schäden anrichten können: Zwei der am häufigsten verwendeten Nanomaterialien, Titandioxid und Zinkoxid, können für Algen und Wasserflöhe, die als Indikatoren für die Ökotoxizität verwendet werden, giftig sein. Einige Wasserorganismen scheinen Nanomaterialien anzureichern; ob sie auch über die Nahrungsketten weitergegeben werden, muss dringend erforscht werden.

Lebensmittelverpackungen und Küchenutensilien und -geräte, die mit Lebensmitteln in Kontakt kommen, wie Frischhaltefolien oder Schneidebretter, werden z.B. mit antibakteriell wirkendem Silber, Zinkoxid oder Titandioxid in Nano-Größe versehen. Diese können über verschiedene Wege bei Herstellung, Gebrauch und Entsorgung in die Umwelt gelangen. Die Auswirkungen der im Lebensmittelbereich verwendeten Nanomaterialien auf Ökosysteme sind bisher noch nicht geklärt. Der BUND befürchtet aber, dass das erhöhte Vorkommen von hochwirksamen antibakteriellen Nanomaterialien im Abwasser die Funktionsweise von nützlichen Bakterien in der biologischen Abwasseraufbereitung und in der Umwelt stört. So könnte z.B. der Stickstoffausgleich in Süß- und Salzwassermilieus aus dem Gleichgewicht gebracht werden. Außerdem ist zu befürchten, dass die weit verbreitete Verwendung von antibakteriellen Stoffen schädliche Bakterien resistenter machen könnte.

Die United Kingdom's Royal Society und die Royal Academy of Engineering haben dazu aufgerufen, die Freisetzung von Nanomaterialien in die Umwelt „weitestgehend zu vermeiden“ sowie

„die bewusste Freisetzung zu verbieten, bis gesicherte Erkenntnisse vorliegen, dass die Vorteile die Risiken bei weitem übersteigen“ (U.K. RS/RAE 2004).

Großer Forschungsbedarf

Die Zahl wissenschaftlicher Studien, die auf Risiken durch Nanomaterialien hindeuten, wächst stetig. Dennoch gibt es immer noch große Forschungslücken zu den Gesundheits- und Umweltauswirkungen von Nanomaterialien. Zwar wird seit vielen Jahren intensiv geforscht, um Nano-Produkte zur Marktreife zu bringen, die Erforschung der Risiken nimmt bei der Vergabe öffentlicher Forschungsgelder und in der privaten Forschung jedoch nur einen geringen Stellenwert ein. Daher ist in den meisten Fällen nicht bekannt, wie groß das Risiko für die menschliche Gesundheit oder die Umwelt ist, das möglicherweise von bestimmten Nanomaterialien ausgeht.

Wie reagieren die Gesetzgeber?

Nach nanospezifischen gesetzlichen Regelungen sucht man weltweit vergebens: Obwohl Nanomaterialien über spezifische Eigenschaften verfügen, die sie von den Makro-Formen des gleichen Stoffes unterscheiden, müssen sie vor ihrem Einsatz in Lebensmitteln nicht speziell geprüft werden – ist die Nutzung einer Chemikalie in Makro-Größe genehmigt, so steht auch ihrem Einsatz in nanoskaliger Form nichts im Weg. Es besteht weder eine Meldepflicht an die Behörden noch eine Kennzeichnungspflicht für die Hersteller der Produkte. Diese Situation führt dazu, dass selbst Behörden, die für die Risikobewertung von Verbraucherprodukten zuständig sind, keinen Überblick darüber haben, in welchen Lebensmitteln welche Nanomaterialien verwendet werden, ganz abgesehen vom Verbraucher, der keinerlei Möglichkeit hat, den Kauf von Nano-Lebensmitteln zu vermeiden.

Die Forderungen des BUND

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 vor solchen Wirkungen ermöglichen, sowie
- für Verbraucher die Wahlfreiheit zwischen Nano-Produkten und nano-freien Produkten gewährleistet ist.

Der Nanodialog der Bundesregierung muss die Anwendung im Lebensmittelsektor thematisieren und Empfehlungen zur Regulierung erarbeiten. Der Dialog muß dauerhaft in gezielter und verbindlich strukturierter Form fortgeführt werden.

Forderungen an Entscheidungsträger in Politik und Wirtschaft:

- Alle Nanomaterialien müssen als Neustoffe eingestuft werden und eine spezifisch entwickelte Risikobewertung durchlaufen, bevor sie auf den Markt gebracht werden dürfen.
- Materialien werden auch dann einer nanospezifischen Risikoabschätzung, -bewertung und Regulierung unterworfen, wenn sie >100 nm sind, aber in ihren Eigenschaften Materialien <100 nm vergleichbar sind und sich 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 für noch größere Partikel muss die Definition ggf. noch weiter angepasst werden werden.
- Alle für die Sicherheitsbeurteilung relevanten Daten, einschließlich der angewandten Methoden und der Ergebnisse der Risikoabschätzung, müssen für die Fachöffentlichkeit zugänglich sein; sie ist bei der Risikobewertung zu beteiligen.
- Produzenten und Handel müssen den Verkauf von Nano-Lebensmitteln einstellen, solange Risiken für die Gesundheit der Verbraucher nicht hinreichend sicher ausgeschlossen werden können.
- Entscheidungsträger in Regierung und Wirtschaft müssen dafür Sorge tragen, dass durch eine Produktkennzeichnung die Wahlfreiheit zwischen Nano-Produkten und nano-freien Produkten für Anwender und Verbraucher gewährleistet ist.

1. Einführung in die Nanotechnologie

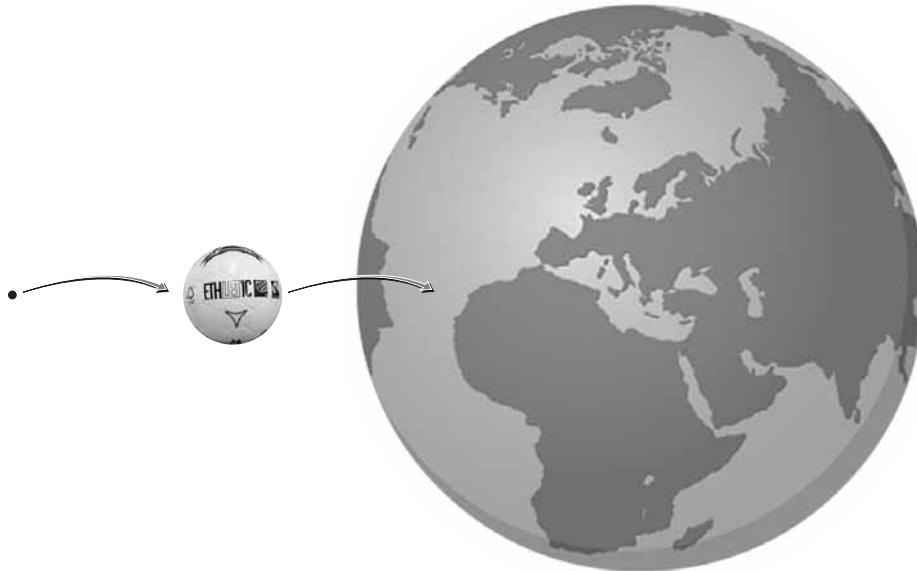


Abbildung 1: Ein Nanopartikel verhält sich in der Größe zu einem Fußball, wie der Fußball zur Erde

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“. Er wird in der Regel für Materialien, Systeme und Prozesse in einem Größenbereich von bis zu 100 Nanometern (nm) verwendet. Als Nanomaterialien werden dabei solche Stoffe definiert, deren Größe in einer oder mehreren Dimensionen 100 nm oder weniger beträgt, wodurch ihr Verhalten und ihre Materialeigenschaften beeinflusst werden. Allerdings ist diese Definition für Nanomaterialien aus Sicht des BUND zu eng gefasst, um das speziell damit verbundene Risiko für Gesundheit und Umwelt richtig zu bewerten.

Ein Nanometer (nm) ist ein Tausendstel eines Mikrometers (μm), ein Millionstel eines Millimeters (mm) und ein Milliardstel eines Meters (m). Zum Vergleich: Ein DNS-Strang ist 2,5 nm breit, ein Proteinmolekül 5 nm, ein rotes Blutkörperchen 7.000 nm und ein menschliches Haar 80 000 nm breit. Würde ein Mensch einen 1 nm kleinen Nanopartikel darstellen, wäre ein rotes Blutkörperchen 7 Kilometer lang.

In der Lebensmittelproduktion, -verarbeitung, -konservierung und -verpackung sowie in der Küchen- und Reinigungsmittelindustrie werden sehr unterschiedliche Nanotechnologien eingesetzt. Allen voran sind solche Verfahren zu nennen, durch die kontrolliert nanopartikuläre Substanzen in Größen von 1-100 nm erzeugt und erhalten werden können. Erst durch die Langzeitstabilität der Nanopartikel werden bestimmte Eigenschaften erzielt. Es werden aber auch Partikel bis zu einer Größe von einigen hundert Nanometern erzeugt, so dass die Begrenzung auf 100 nm eher willkürlich erscheint. Sie hat sich herausgebildet aufgrund der Tatsache, dass vor allem in Größen von 1-100 nm Elemente und Verbindungen deutlich andere Eigenschaften aufweisen als in größeren Agglomeraten (Teilchen-Zusammenballungen). Gleichzeitig hat aber der Direktor der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) in einem Interview darauf hingewiesen, dass er für den Lebensmittelsektor Partikel bis zu 300 nm als Nanopartikel betrachtet (EU Food Law 2007).

Der grundlegende Mechanismus der Eigenschaftsänderung von Stoffen in Nano-Form ist die Vergrößerung der Oberfläche, die mit völlig anderen physikalisch-chemischen Eigenschaften als

Oberflächenvergrößerung

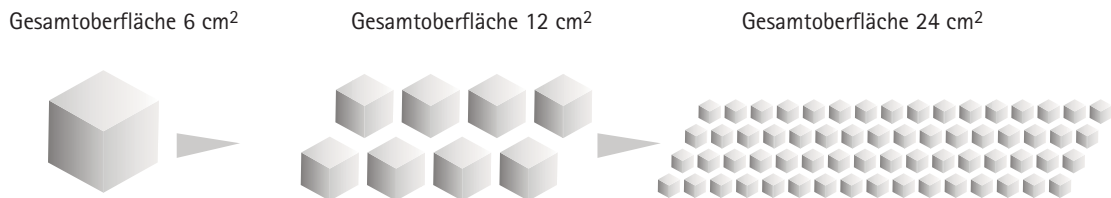


Abbildung 2: Prinzip der Oberflächenvergrößerung bei Verkleinerung der Partikelgröße trotz gleich bleibendem Gesamtvolumen

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. Zudem können Nanopartikel so genannte Membranfenster von Darmauskleidungen, Lungenbläschen oder sogar Kernmembranen passieren.

Nanotechnologie ist eine Plattformtechnologie

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.

In der Lebensmittelindustrie und in der Landwirtschaft bieten die besonderen Eigenschaften von Nanomaterialien viele neue Möglichkeiten. Sie können als stärkere Farbstoffe, Geschmacksstoffe und Nahrungsergänzungsmittel, antibakterielle Zusätze von Lebensmittelverpackungen und stärkere Pestizide und Dünger für die Landwirtschaft eingesetzt werden. In vielen Fällen wird das gleiche Verfahren in der gesamten Agrar- und Lebensmittelkette verwendet. Zum Beispiel werden derzeit häufig

nanoskalige Tonplättchen (Nanoclay Composite) Lebensmittel- und Getränkeverpackungen zugesetzt. Gleichzeitig finden sie auch in landwirtschaftlichen Geräten und Plastikmaterialien Verwendung, um gezielt Pestizide oder Dünger freizusetzen.

Es ist anzunehmen, dass die Nanotechnologie im Lebensmittelbereich in den kommenden Jahren und Jahrzehnten über die Verwendung von einzelnen Nanopartikeln und verkapselten Zusammensetzungen hinausgehen wird und weitaus komplexere Nano-Instrumente, Nano-Systeme und Nano-Maschinen zum Einsatz kommen werden (Roco 2001). So wird vorausgesagt, dass sich z.B. mit der Nano-Biotechnologie nicht nur das genetische Material von Menschen, Tieren und Pflanzen verändern lässt, sondern dass sich auch synthetische Materialien und biologische Strukturen miteinander verbinden lassen. Eine neue Fachrichtung, die synthetische Biologie, vereint unterschiedliche Technologien, die im Nano-Bereich agieren. Diese soll die Herstellung künstlicher Organismen ermöglichen, die z.B. für Biotreibstoffe oder generell in der Landwirtschaft zum Einsatz kommen können (ETC Group 2007).

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. 2005a; Oberdörster et al. 2005b). 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 -wiederauflöckerung 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 weit aus besser aufgenommen als größere Partikel. So kann Material, das weniger als 300 nm misst, in einzelne Zellen eindringen (Garnett und Kallinteri 2006), während Nanomaterialien von unter 70 nm sogar von Zellkernen aufgenommen werden und dort erheblichen Schaden verursachen können (Chen und von Mikecz 2005; Geiser et al. 2005; Li et al. 2003).

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.

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 extrem 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. Wie Maynard (2006) feststellt, ist "es anhand der Veröffentlichungen zur Toxizität klar, dass die Partikelgröße allein kein gutes Kriterium ist, um zwischen mehr oder weniger gefährlichen Materialien und Technologien zu unterscheiden". Dennoch bleibt die Partikelgröße ein offensichtliches, wenn auch nur grobes Kriterium, das zu weiteren, umfangreicheren Untersuchungen und Partikelcharakterisierungen führen sollte, bevor die kommerzielle Verwendung in Lebensmitteln und landwirtschaftlichen Produkten erlaubt wird.

Zur Definition von Nanopartikeln

Die Internationale Organisation für Normung (ISO) und die American Society for Testing and Materials (ASTM International) haben sich bislang noch nicht auf eine größenbasierte oder sonstige Definition von Nanomaterialien verständigt. Allerdings haben viele Regierungsbehörden und wissenschaftliche Einrichtungen damit begonnen, Nanomaterialien vorläufig darüber zu definieren, dass diese neuartige, größenabhängige Eigenschaften aufweisen, die sie von größeren Partikeln des gleichen Materials unterscheiden und die mindestens in einer Dimension zwischen 0,2–100 nm liegen. Diese Größendefinition ist in gewisser Weise willkürlich, allerdings weisen Materialien kleiner 100 nm am ehesten die neuen, nanospezifischen Eigenschaften auf, die mit ihrer vergrößerten relativen Oberfläche und der Dominanz von Quanteneffekten in dieser Größenskala begründet sind (U.K. RS/RAE 2004). Das größte potentielle Risiko für die menschliche Gesundheit geht nach

dem Bericht der britischen Royal Society and Royal Academy of Engineering von 2004 von ungebundenen Partikeln aus, die kleiner als 100 nm sind (U.K. RS/RAE 2004). Allerdings ist die Angemessenheit der 100 nm Definition in letzter Zeit in Frage gestellt worden, insbesondere bezüglich der Bewertung der Gesundheits- und Umweltrisiken. Internationale Stimmen, die der Meinung sind, dass einige Partikel, die größer als 100 nm sind, ähnliche anatomische und physiologische Verhaltensweisen wie Nanomaterialien aufweisen, nehmen zu. Denn neuartige, größenspezifische Verhaltensweisen von Partikeln, die einige hundert Nanometer groß sind, zeigen ebenfalls eine sehr hohe Reaktivität, Bioaktivität und Bioverfügbarkeit sowie einen erhöhten Einfluss von Oberflächeneffekten und -adhäsionen (Fähigkeit zum Anhaften) (Garnett and Kallinteri 2006). Weiterhin gehen vorläufige Studien davon aus, dass einige Partikel von einigen hundert Nanometern oder sogar bis zu 1.000 nm Größe, vergleichbare Gesundheitsrisiken aufweisen können (Wang et al. 2006; Ashwood et al. 2007).

Aufgrund der erheblichen Unsicherheit über die angemessene Größe benutzen verschiedene Regierungsbehörden, Forschungsinstitutionen und Wissenschaftler unterschiedliche Größendefinitionen. So definierte die Britische Regierung Nanomaterialien in ihrem freiwilligen Meldeprogramm von 2006 als Materialien, die „in einer oder zwei Dimensionen bis zu 200 nm“ messen (U.K. DEFRA 2006). Die Chemical Selection Working Group der US-amerikanischen Lebensmittelbehörde (FDA) definierte Nanomaterialien als „Partikel mit Dimensionen unterhalb der Mikroskala (unter 1.000 nm), die einzigartige Eigenschaften aufweisen, die sie von Mikropartikeln oder größeren Partikeln unterscheiden“ (U.S. FDA 2006). Auch Lebensmittelwissenschaftler der australischen Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO) haben Nanomaterialien als bis zu 1.000 nm Größe definiert (Sanguansri and Augustin 2006). In einem Bericht aus dem Jahr 2007 hat die US-amerikanische Lebensmittelbehörde (FDA) sogar vollständig auf eine größenbasierte Definition verzichtet (U.S. FDA 2007).

Angesichts der Unklarheiten, welche Rolle Faktoren wie Form, Oberflächeneigenschaften, Ladung, Beschichtungen etc. spielen, besteht zur Zeit keine klare Beziehung zwischen der Partikelgröße und dem biologischen Verhalten der Partikel. Allerdings scheint ein größenbasierter „Auslöser“ notwendig, um

sicherzustellen, dass Partikel, die neue toxikologische Risiken aufweisen könnten, angemessen reguliert werden und die notwendigen, spezifischen Sicherheitstests durchlaufen, ehe sie für die kommerzielle Anwendung in Lebensmitteln und landwirtschaftlichen Produkten zugelassen werden. Da Partikel bis zu einer Größe von einigen hundert Nanometern häufig die gleichen physiologischen und anatomischen Verhaltensweisen aufweisen wie Nanomaterialien – inklusive ihrer Fähigkeit von einzelnen Zellen aufgenommen zu werden – und da vorläufige Studien auf mögliche größenbasierte Gesundheitsrisiken in diesem Größenbereich verweisen, halten wir einen vorsorgenden Ansatz für angemessen. Daher sollten Partikel mindestens bis zu einer Größe von 300 nm im Rahmen der Bewertung der Gesundheits- und Umweltrisiken als Nanopartikel behandelt werden.

Nanopartikel als Nebenprodukte

Synthetische Nanomaterialien werden bewusst hergestellt. Sie enthalten sowohl Nanopartikel (z.B. Metalloxide wie Zinkoxid oder Titandioxid) als auch andere atomare Strukturen wie Nanoröhrchen und Nanodrähte, die durch Nanotechnologien hergestellt werden. Im Vergleich dazu können Nanopartikel aber auch als Nebenprodukte in der Natur oder bei industriellen Prozessen entstehen. Quellen hierfür sind Waldbrände, Vulkanismus und bei hohen Temperaturen ablaufende industrielle Prozesse, wie Verbrennung, Schweißen und Schleifen, aber auch Abgase von Autos, Lastwagen und Motorrädern (U.K. HSE 2004). Im Rahmen von Luftverschmutzung werden sie auch als ultrafeine Partikel bezeichnet. Obwohl Menschen diesen Partikeln schon immer ausgesetzt waren, hielt sich die Belastung bis zur industriellen Revolution in Grenzen. Der neu entstehende wissenschaftliche Bereich der Nano-Toxikologie, der sich mit den Risiken synthetisch erzeugter Nanomaterialien befasst, basiert auf dem bereits vorhandenen Wissen über die Gefahren von Nanopartikeln, die als Nebenprodukte entstehen. So wissen wir, dass die erhöhte Belastung mit Nanopartikeln durch die Luftverschmutzung in Städten zu einer erhöhten Anzahl an Erkrankungen und sogar Todesfällen unter besonders empfindlichen Bevölkerungsgruppen führt (Yamawaki und Iwai 2006).

2. Nanomaterialien erobern unseren Alltag

Synthetische Nanomaterialien haben bereits breiten Einzug in den Lebensmittelsektor gefunden. Sie finden sich in Lebensmitteln und Nahrungsergänzungsmitteln, werden für Lebensmittelverpackungen und -aufbewahrungsbehälter verwendet und in der Landwirtschaft als Bestandteile von Agrochemikalien eingesetzt. Die Recherche des BUND und seiner Partnerorganisationen von Friends of the Earth hat ergeben, dass die Nutzung von Nanomaterialien keine Zukunftsvision mehr ist, sondern dass bereits heute Nano-Artikel auf dem Markt sind, ohne dass sie als solche für den Verbraucher gekennzeichnet wären. Die Lebensmittelindustrie macht ein großes Geheimnis um die Verwendung nanotechnologischer Verfahren, was besonders angesichts fehlender gesetzlicher Verpflichtungen zur Kennzeichnung von Nano-Lebensmitteln dazu führt, dass niemand mit Sicherheit wissen kann, ob in einem bestimmten Produkt Nanopartikel vorkommen. Die Angaben über die Menge der bereits auf dem Markt befindlichen Nano-Lebensmittel schwanken daher stark: man schätzt, dass bereits 150–600 Nano-Lebensmittel und 400–500 Lebensmittelverpackungen mit Nano-Zusätzen auf dem Markt sind (Cientifica 2006; Daniells 2007; Helmut Kaiser Consultancy Group 2007a; Helmut Kaiser Consultancy Group 2007b; Reynolds 2007).

Definition von Nano-Lebensmitteln

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:

- Nahrungsmittel wie Erfrischungsgetränke, Speiseeis, Schokolade und Chips können als „gesunde“ Lebensmittel verkauft werden, indem der Fett-, Kohlenhydrat- und Kaloriengehalt gesenkt und der Eiweiß-, Ballaststoff- und Vitamingehalt erhöht wird.

- Die Produktion von stärkeren Geschmacks- und Farbstoffen sowie Lebensmittelzusätzen und Verarbeitungshilfen beschleunigt die Verarbeitung und senkt die Kosten für Inhaltsstoffe und Verarbeitung.
- Lebensmittel werden entwickelt, die je nach Bedarf ihre Farbe, ihr Aroma oder ihren Nährwert verändern (auf der Forschungsagenda von Lebensmittelproduzenten wie Kraft und Nestlé).
- Lebensmittelverpackungen, die Verderb, Bakterien oder Nährwertverlust aufspüren und dies durch Freisetzen von antibakteriellen Substanzen, Aromen, Farbstoffen oder Nahrungsergänzungsmitteln kompensieren.
- Entwicklung neuer stärkerer Agrochemikalien wie Dünger, Pestizide, Wachstumsregulatoren und Saatgutbehandlungsmittel.

Anhang A enthält eine Liste mit 93 Nano-Produkten vom deutschen und internationalen Markt – Lebensmittel, Nahrungsergänzungsmittel, Verpackungsmaterialien, Küchenutensilien und -geräte sowie Agrochemikalien. Ein Auszug der Ergebnisse ist Tabelle 1 zu entnehmen. Angesichts der Zurückhaltung der Lebensmittelindustrie, über die Verwendung von Nanomaterialien Auskunft zu geben (Shelke 2006), gehen wir davon aus, dass diese Liste letztlich nur einen Bruchteil der weltweit im Handel befindlichen Produkte enthält.

Tabelle 1: Beispiele für Produkte auf dem deutschen und internationalen Markt, die Nanomaterialien enthalten (Gesamtübersicht mit Quellenangaben in Anhang A)

| Produktkategorie | Herstellername | Produktname | Nano-Inhalt | Zweck |
|---|-----------------------------------|--|---|--|
| Lebensmittel | Shemen | Canola Active Oil (angereichertes Rapsöl) | Nano-Mizellen (Kapseln) | Bessere Aufnahme aktiver Inhaltsstoffe in Zellen und Organe durch Einschluss in Nanokapseln |
| Lebensmittel-Verarbeitungshilfe | Evonik Industries (ehem. Degussa) | Aerosil/Sipernat | Nano-Siliziumdioxid | Rieselhilfe für pulverförmige Inhaltsstoffe |
| Lebensmittel-zusatzstoffe | Aquanova | NovaSOL | Nano-Mizellen (Kapseln) | Bessere Aufnahme aktiver Inhaltsstoffe in Zellen und Organe durch Einschluss in Nanokapseln |
| Lebensmittel-zusatzstoffe | BASF | Lycovit | Synthetisches Lycopin (<200 nm) | Antioxidationsmittel |
| Nahrungsergänzungsmittel | fairvital | fairvital Colloidales Silber | Nano-Silberpartikel | Nano-Silberpartikel geben verstärkt Silberionen ab, wodurch eine antibakterielle Breitbandwirkung erzielt wird |
| Nahrungsergänzungsmittel | Toddler Health | Toddler Health Oat Based Chocolate (mit Nährstoffen angereicherte Getränkemischung für Kinder) | 300 nm Eisenpartikel (SunActive Fe) | Die Eisenpartikel in Nanogröße sind reaktiver und besser biologisch verfügbar |
| Verpackungsmaterial (Plastikverpackung) | Bayer/Nanocor | Durethan KU 2-2601 Plastikfolien | Nano-Siliziumdioxid in einem Nanokomposit auf Polymerbasis | Längere Produkthaltbarkeit durch Verhinderung des Gasautauschs |
| Verpackungsmaterial (Plastikverpackung) | Colormatrix/Nanocor | Imperm Kunststoff-Flaschen (verwendet z.B. für Miller Bier) | Nano-Ton-Komposit | Längere Produkthaltbarkeit durch Verhinderung des Gasautauschs |
| Küchenutensilien (Geschirr) | BabyDream | BabyDream Nano Silver Baby Milk Bottle | Nano-Silberpartikel | Nano-Silberpartikel geben verstärkt Silberionen ab, wodurch eine antibakterielle Ausstattung erzielt wird |
| Küchenutensilien (Kochgeschirr) | Nano Maxx | Nano Maxx Exklusiv-Pfannen | „Nano-Flon“ Versiegelung | Leichteres Reinigen und längere Haltbarkeit |
| Küchengeräte (Kühlschrank) | Daewoo | Daewoo Kühlschrank FRS-T20FAM | Nano-Silberpartikel | Nano-Silberpartikel geben verstärkt Silberionen ab, wodurch eine antibakterielle Ausstattung der Kühlschrankinnenflächen erreicht wird |
| Landwirtschaft (Agrochemikalien) | Syngenta | Syngenta Primo Maxx | Emulsion aus 100 nm großen Partikeln | Erhöhte Wirksamkeit der Wirkstoffe, wodurch die benötigte Menge reduziert werden kann |
| Landwirtschaft (Bodenhilfsstoff) | Geohumus International GmbH | Geohumus | Nanotechnologisch hergestelltes Polymer eines Hybridmaterials | Verbesserte Wasseraufnahme und -speicherung des Bodens, wodurch die Bewässerungsmenge reduziert werden kann |

Es sind darüber hinaus noch weit mehr Nano-Lebensmittel in der Entwicklung. So wird angenommen, dass der Gewinn aus dem Verkauf von Nano-Lebensmitteln im Jahr 2010 etwa 6 Milliarden US-Dollar betragen wird (Cientifica 2006). Viele der weltweiten Marktführer der Lebensmittelindustrie wie Nestlé, Unilever und Kraft, forschen an der Verwendung der Nanotechnologie für die Lebensmittelverarbeitung und -verpackung. Viele der weltgrößten Hersteller von Agrochemikalien und Saatgut betreiben eigene Projekte zur Erforschung und Entwicklung von Nano-Produkten (Tabelle 2).

In Deutschland gibt es diverse eingetragene Marken, die den Begriff „Nano“ in ihrem Namen führen. Ob es sich dabei tat-

sächlich 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. Anhang B listet einige der beim deutschen Patentamt angemeldeten Patente auf Erfindungen für den Einsatz der Nanotechnologie im Lebensmittel-sektor auf.

Tabelle 2: Auswahl großer Konzerne, die Forschung und Entwicklung zum Einsatz der Nanotechnologie in Lebensmitteln und in der Landwirtschaft betreiben

| | | |
|-------------------------------------|---------------------|----------------------|
| Altria (Kraft Foods) | General Mills | Nestlé |
| Associated British Foods | Glaxo-SmithKline | Northern Foods |
| Ajinomoto | Goodman Fielder | Nichirei |
| BASF | Group Danone | Nippon Suisan Kaisha |
| Bayer | John Lust Group Plc | PepsiCo |
| Cadbury Schweppes | Hershey Foods | Sara Lee |
| Campbell Soup | La Doria | Syngenta |
| Cargill | Maruha | Unilever |
| DuPont Food Industry Solutions | McCain Foods | United Foods |
| Evonik Industries (vormals Degussa) | Mars, Inc. | |

Quellen: ETC Group 2004; Innovest 2006; Renton 2006; Wolfe 2005

3. Die Nutzung der Nanotechnologie in der Lebensmittelverarbeitung

Bisher werden mit der Nanotechnologie häufig futuristisch anmutende Lebensmittel in Verbindung gebracht, die auf Knopfdruck in der Mikrowelle Farbe, Geschmack oder Konsistenz verändern, oder die sich speziellen, kundenspezifischen Gesundheits- und Ernährungsvorgaben anpassen. Aber auch wenn diese Verwendungen vielleicht erst die nächste Generation von Nano-Lebensmitteln beschreiben, so finden sich doch auch schon heute eine ganze Reihe weniger spektakulärer Lebensmittel auf dem Markt, die Nanomaterialien enthalten.

Nanopartikel als Verarbeitungshilfen und Lebensmittelzusatzstoffe

Auf dem deutschen Markt konnten bisher keine Lebensmittel gefunden werden, deren Nano-Bestandteile öffentlich bekannt gegeben, deklariert oder gekennzeichnet werden. Auch auf dem internationalen Markt konnten wir nur wenige Lebensmittel finden, die einen Hinweis darauf enthalten, dass sie Nanomaterialien beinhalten (Produktliste Anhang A). In der Realität werden aber bereits zahlreiche Lebensmittel angeboten, die Nanomaterialien enthalten, ohne dass dieses vom Verbraucher erkannt werden kann. Etwas anders verhält es sich mit Nahrungsergänzungsmitteln. Hier werben die Anbieter schon häufiger mit dem Schlagwort „Nano“, wobei nicht immer klar ist, ob tatsächlich auch Nanomaterialien enthalten sind.

Nanopartikel und Partikel bis zu wenigen hundert Nanometern werden vielen Nahrungsmitteln zugefügt, um ihre Fließeigenschaften, ihre Farbe und ihre Festigkeit bei der Verarbeitung zu verbessern sowie ihre Haltbarkeit zu verlängern: als Aluminiumsilikate sind sie weit verbreitete Mittel, um Verklumpungen in Pulver und Granulaten zu verhindern, als Titandioxid ein gängiges Mittel zum Bleichen und Aufhellen von Süßwaren, Käse und Soßen (Ashwood et al 2007; Powell et al. 2000). Als größere Partikel sind diese konventionellen Lebensmittelzusätze biologisch inaktiv und werden von den Europäischen Behörden als sicher für die menschliche Ernährung betrachtet (EFSA 2004). Obwohl es immer mehr Hinweise darauf gibt, dass sie in Nanoform weniger unproblematisch sind, unterscheiden die Behörden jedoch nicht zwischen den unterschiedlichen Größen, wenn sie die Sicherheit von Verarbeitungshilfen und Lebensmittelzusatzstoffen bewerten.

Die wohl am häufigsten verwendeten Nano-Verarbeitungshilfen fallen in die Gruppe der Riesel- und Fließhilfsmittel. Zahlreiche Lebensmittel werden in Pulverform angeboten und verarbeitet. Damit diese nicht verklumpen und eine schlechte Fließfähigkeit aufweisen, wird ihnen immer häufiger nanopartikuläres Siliziumdioxid zugesetzt. Die Liste der Lebensmittel mit Rieselhilfen ist lang und hier dennoch sicher unvollständig.

Tabelle 3: In Deutschland erhältliche Nano-Lebensmittelzusatzstoffe und Verarbeitungshilfen

| Hersteller | Produkt | Nano-Inhaltsstoff | Zweck |
|-------------------------------------|-------------------|--|---|
| Evonik Industries (vormals Degussa) | Aerosil, Sipernat | Nano-Siliziumdioxid | Rieselhilfe für pulverförmige Inhaltsstoffe |
| Evonik Industries (vormals Degussa) | AdNano | Nano-Zinkoxid | Kann z.B. für Mineralzubereitungen genutzt werden |
| AquaNova | NovaSOL | Nano-Mizellen (Kapseln) | Bessere Aufnahme aktiver Inhaltsstoffe in Zellen und Organe durch Einschluss in Nanokapseln |
| BASF | Solu E 200 | Vitamin E Nano-Lösung auf Grundlage von NovaSOL (s.o.) | Ermöglicht die Zusetzung von Vitamin E zu Getränken, ohne dass dadurch Farbe oder Geschmack beeinträchtigt werden |
| BASF | LycoVit | Synthetisches Lycopin (<200 nm) | Antioxidationsmittel |

So gehören z.B. Kochsalz, Gemüsepulver, Molkepulver, Eipulver, Kaffeeweißer, Instantgetränkpulver (Kaffeepulver), Gewürzmischungen (Chili-, Knoblauchpulver etc.), Puderzucker und Suppenpulver dazu. Das eingesetzte Siliziumdioxid wird z.B. von Evonik (vormals Degussa) in verschiedenen Partikelgrößen ab 7 nm und in verschiedenen Produktformen angeboten (Degussa ohne Datum a).

Nano-Verkapselung

Der Begriff „Nano-Verkapselung“ umschreibt das Verpacken von Wirkstoffen, wie z.B. Vitaminen, Konservierungsmitteln und Enzymen in eine nanogroße Kapsel (Shelke 2005). Von Nano-Kapseln umschlossene wertvolle Bestandteile wie Vitamine und Fettsäuren werden bereits jetzt bei der Verarbeitung und Konservierung von Getränken, Fleisch, Käse und anderen Lebensmitteln eingesetzt. Auch bisher wurden schon Stoffe in mikrogroße Kapseln verpackt, doch durch die jetzt tausendfach kleineren Kapseln wird deren Wirkungskraft deutlich erhöht. Bislang haben viele zugesetzte Wirkstoffe, wie das Omega-3 Fettsäuren enthaltende Thunfischöl, das vom australischen Hersteller Nu-Mega Driphorm in Mikrokapselform eingebettet und

„NovaSOL für Fleischkonservierung und Farbstabilität“ – die Nano-Wurst

Bei der industriellen Fertigung und Konservierung von Wurst- und Fleischwaren werden eine Vielzahl von Zusätzen genutzt, um die Produktion zu beschleunigen, die Farbe stabil zu halten und den Geschmack zu „verbessern“. Bereits seit 2006 sind dazu in Deutschland Nano-Rezepturen auf dem Markt. Das deutsche Fachmagazin „Fleischwirtschaft“ schreibt, dass die Verwendung der NovaSOL Mizellen beträchtliche Vorteile bei der Fleischverarbeitung bringen würde: schnellere Verarbeitung, billigere Zutaten, höhere Farbstabilität. Zudem sind sie in flüssiger Form gebrauchsfertig und einfach anzuwenden (Fleischwirtschaft 2006). Dem Verbraucher dagegen bieten sie keinerlei offensichtliche Vorteile. Kennzeichnungen gibt es bisher nicht.

Nano-Kapsel (Mizelle)

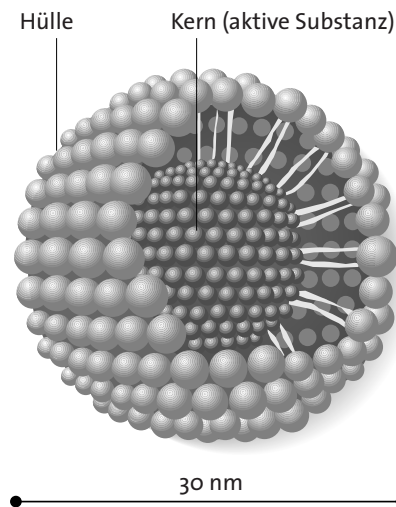


Abbildung 3: Nano-Kapsel mit eingeschlossenem Wirkstoff.

dem Brot der Marke Tip Top zugesetzt wird, Mikrometer-Ausmaße (hier: 140-180 μm). Allerdings bieten inzwischen immer mehr Hersteller Omega-3 Fettsäuren und andere Wirkstoffe in 30-40 nm großen Kapseln an, die 4.000-fach kleiner sind als die bisher von Nu-Mega angebotenen Präparate (Halliday 2007a, Nu Mega 2007).

Ein Beispiel hierfür ist die Darmstädter Firma AquaNova. AquaNova ist ein führender Anbieter für flüssige Lebensmittelzusätze, die so genannten Solubilisatoren. AquaNova hält auch das Patent zur Solubilisierung von wasserunlöslichen Wirkstoffen durch den Einsatz von nanoskaligen „Produkt-Mizellen“, die bestimmte Wirkstoffe enthalten. Die Mizellen der NovaSOL-Reihe sind amphiphil (die äußere Seite ist wasserlöslich, die Innenschicht fettlöslich) und besitzen laut Hersteller einen durchschnittlichen Durchmesser von 30 nm (Abbildung 3). Sie sollen thermisch und mechanisch sehr stabil sein und sogar der Magensäure widerstehen und erlauben den Einbau einer großen Anzahl aktiver Stoffe, wie Vitamin A und E, Omega-3 Fettsäuren, Koenzym Q10, Isoflavonen, Flavonoiden und Carotinoiden, Phytosterin, essentielle Fettsäuren, Lebensmittelfarbstoffen und anderer Substanzen. Zudem bietet AquaNova auch Konservierungsstoffe für Lebensmittel wie Benzoesäure und Ascorbinsäure als Wirkstoffe in Nano-Mizellen an. Insbesondere Benzoesäure und Sorbinsäure konnten bisher nur in sauren ($\text{pH} < 4$) Lebensmitteln eingesetzt werden, durch den Einschluss in Nano-Mizellen soll dies nun auch im neutralen Bereich

möglich sein. Weitere Beispiele für die Anwendung der NovaSOL-Technik im Lebensmittelbereich sind Wurstpellen, Käserinden, Zitrusfrüchte, Pflanzen und technische Oberflächen in der Lebensmittelherstellung und -lagerung. AquaNova wirbt damit, dass Mizellen auch in der Natur, z.B. in der Milch oder im Hühnerei vorkommen (AquaNova ohne Datum). Ob allerdings die nanoskaligen Inhaltsstoffe der synthetischen Produkt-Mizellen untersucht wurden und unbedenklich sind, ist nicht bekannt. Auch andere Firmen arbeiten mit nanoskaligen Mizellen um normalerweise wasserunlösliche Substanzen in der Lebensmittelverarbeitung verwenden zu können. So bietet BASF der Nahrungsmittelindustrie das Produkt Solu™ E 200 an, durch das Vitamin E klaren Flüssigkeiten zugesetzt werden kann, ohne eine Trübung hervorzurufen. Die Vitamin E Nano-Lösung beruht auf dem NovaSOL-Patent von AquaNova und wurde speziell für Sportgetränke und Mineralwasser entwickelt (BASF 2005).

Funktionelle Lebensmittel durch Nano-Inhaltsstoffe

Die American Dietetic Association definiert „funktionelle Nahrungsmittel“ als solche, die gesünder sind als herkömmliche Lebensmittel, da ihr Nährwert den eigentlichen Nährwert des Nahrungsmittels übersteigt (American Dietetic Association ohne Datum). Funktionelle Nahrung ist auch unter der Bezeichnung „Nutraceuticals“ bekannt: der Ausdruck kombiniert die beiden englischen Begriffe „nutrition“ für Ernährung und „pharmaceutical“ für Arzneimittel. Der Weltmarkt für funktionelle Nahrung befindet sich im Wachstum und hatte 2005 bereits ein Volumen von 73,5 Milliarden US-Dollar (Just-Food.com, ohne Datum). Milchprodukte, Müsli, Brot und Getränke werden mit Vitaminen und Mineralien wie Eisen, Magnesium oder Zink versetzt, mit probiotischen Substanzen, bioaktiven Peptiden, Antioxidationsmitteln, Pflanzenstearinen und Soja angereichert. Einige dieser Substanzen werden den Lebensmitteln als Nanopartikel oder Partikel mit einer Größe von einigen hundert Nanometern zugesetzt. So bietet BASF Lycopit an, ein synthetisches Lycopin in Nano-Größe, das als Antioxidationsmittel Verwendung findet (BASF ohne Datum). Evonik (vormals Degussa) liefert AdNano Zinkoxid, das in erster Linie für andere Verwendungszwecke beworben wird, aber nach den Angaben von Degussa z.B. auch für Mineral- und Vitaminzubereitungen benutzt werden kann (Degussa ohne Datum b).

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. Wirkstoffe, die auf Nano-Größe verringert oder in Nano-Kapseln eingebettet werden, besitzen eine größere biologische Verfügbarkeit, lassen sich besser auflösen und wirken daher stärker im Vergleich zu den gleichen Substanzen, die in größerer Form oder nur in Mikrokapseln verpackt werden (Mozafari et al. 2006). Außerdem wird so eine Passage des Magens ermöglicht, eine vorzeitige Zerstörung durch die Magensäure verhindert und eine gezielte Aufnahme im Dünndarm erreicht. Diese Tatsache wird als Verbrauchervorteil beworben. Allerdings könnte die Tatsache, dass die Zellen das Nanomaterial leichter aufnehmen, gekoppelt mit der erhöhten chemischen Reaktivität des Materials, auch ein neues Gesundheitsrisiko darstellen.

Nahrungsergänzungsmittel

In der Gruppe der Nahrungsergänzungsmittel bietet sich dem Endverbraucher eine sehr große und unübersichtliche Produktpalette. Neben zahlreichen Internetangeboten vor allem aus den USA und asiatischen Ländern sind auch in Deutschland einige Firmen im Online-Direktvertrieb mit ausgelobten Nano-Bestandteilen auf dem Markt. Sowohl die Angaben zu den Inhaltsstoffen als auch die Auslobung der Wirksamkeit und möglicher Nebenwirkungen sind allerdings völlig unzureichend. Im Folgenden sollen einige ausgewählte Produkte genannt werden, die von Herstellern oder Vertreibern in Deutschland angeboten werden (Tabelle 4). Die Liste ließe sich noch deutlich verlängern, wenn die Internetprodukte ohne klaren Firmensitz ebenfalls mit aufgenommen würden.

Koenzym Q10 ist normalerweise in Wasser unlöslich. Versandhändler wie fairvital bieten es daher in „ultrakleinen Flüssigkeitspartikeln“ als Nano-Emulsion Co-Enzym Q10 nano liquid an. Die Auslobung postuliert eine hohe Bioverfügbarkeit: es würde rasch von Herz und Gewebe aufgenommen, ohne von der Leber verstoffwechselt zu werden und wird als Nahrungsergänzungsmittel bei „Energimangelsituationen“ empfohlen (Fairvital 2007). Die Firma Vitafofan aus Sprockhövel bietet eine ganze Reihe von Nahrungsergänzungsmitteln an, die Partikel mit einer Größe bis zu wenigen hundert Nanometern ent-

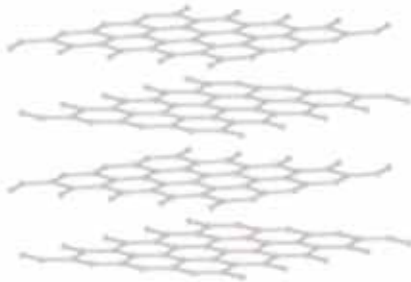
Tabelle 4: In Deutschland erhältliche Nahrungsergänzungsmittel mit Nano-Materialien

| Hersteller | Produkt | Nano-Inhaltsstoffe | Zweck |
|-------------------------|--|--|---|
| Trace Minerals Research | Co-Enzym Q10 nano liquid | „ultrakleine Flüssigkeitspartikel“ | Das Q 10 gelangt direkt in Herz und Muskulatur ohne von der Leber verstoffwechselt zu werden, beworben zur Stärkung der Immunkraft und zur Überbrückung von Energiemangel |
| fairvital | fairvital Colloidales Silber | Nano-Silberpartikel | Antibakterielle Breitbandwirkung, beworben zur Stärkung der Immunabwehr |
| Vitafosan | Nano-Know-How | Nano-Zeolith und weitere Stoffe (bis 400 nm) | Verbesserte Aufnahme der Mineralien, beworben als „Aktivator für den ganzen Körper“ |
| Vitafosan | Nano Men-Power | Nano-Zeolith plus Silizium-Sol (bis 400 nm) | Verbesserte Aufnahme der Mineralien, beworben „zur Stärkung der Manneskraft“ |
| Vitafosan | Aufbau for kids | Nano-Zeolith (bis 400 nm) plus Vitamine | Verbesserte Aufnahme von Mineralien und Vitamine, beworben „für eine gesunde Entwicklung“ |
| Vitafosan | Toxi-Drain | Nano-Zeolith und weitere Stoffe (bis 400 nm) | „Saugt Gifte wie ein Schwamm in feinste Kanälchen und führt sie ab“ |
| Healthy Generation GmbH | Nano Life by Carlo Thraenhardt | Unspezifischer Nano-Inhalt | unklar |
| Life Light | Nanosan Nanosilizium | Silizium-Sol | Beworben als „Spurenelement für Gesundheit, Schönheit und Jugendlichkeit“ |
| Medica Consulting Ltd. | Energy Well Nano Mineral Silizium Pulver | Nano-Silizium | unklar |
| Squeezy | SQUEEZY Nano energised mineral gel | Nano-Mineralien | Hohe Bioverfügbarkeit, fördert den Muskelaufbau und die Regeneration des erschöpften Sportlers |
| Muscletech | Nano Vapor | „Nanomolekulare gefäßerweiternde Wirkstoffe“ | „NaNO Vapor ist eine muskelaufbauende psychoaktive Erfahrung“ |
| Muscletech | naNOX9 | „Nanoskaliges Stickstoffoxid“ | „Durchflutet die Muskulatur sofort mit gefäßerweiternden Wirkstoffen“ |

halten sollen. Bei Nano-Know-How handelt sich um ein Produkt, welches Nano-Naturzeolith (ein kristallines Mineral mit hohem Siliziumoxidanteil) enthält. Die Partikel sollen eine Größe von bis zu 400 nm besitzen. Postuliert wird eine große Bandbreite an gesundheitsfördernden Effekten. Vitafozan bietet auch ein Nano-Nahrungsergänzungsmittel für Kinder – Aufbau for Kids – an, das zu einer gesunden Entwicklung des Kindes beitragen soll. Verwendet wird auch hier Nano-Naturzeolith, wozu drei Nano-Mineralien, acht Vitamine und einige Naturstoffextrakte hinzugefügt werden. Bei Nano-Men Power soll es sich um ein Potenz steigerndes Mittel handeln, welches Nano-Naturzeolith plus Selen und Zink enthält (Vitafozan ohne Datum).

Nano auch als Anabolika:

Der Bereich des Bodybuildings mit anabolen Präparaten stellt einen speziellen Bereich zwischen Medikamenten und Nahrungsergänzungsmitteln dar. Auch hier werden Präparate mit nanoskaligen Wirkstoffen angeboten. Beispielfhaft seien hier nur zwei Produkte erwähnt, die sich sogar auf medizinische, klinische Tests berufen. Bei Nano Vapor und naNOX9 handelt sich um gefäßerweiternde Mittel in der Grauzone zwischen Nahrungsergänzungsmittel und Medikament, die die Aufnahme der eigentlichen Anabolika fördern und beschleunigen sollen (Margaritella ohne Datum a, b). Der Nutzen des Produktes für den Verbraucher ist mehr als zweifelhaft. Zudem scheint die gesundheitliche Unbedenklichkeit des Produktes fragwürdig zu sein.



Patente zur Anwendung der Nanotechnologie in der Lebensmittelherstellung

Neben den oben genannten Produkten konnten einige Patente identifiziert werden, die bisher nicht bestimmten Endprodukten zugeordnet werden konnten, von denen aber angenommen werden kann, dass sie, wenn nicht schon verwandt, doch aber in Zukunft umgesetzt werden sollen. Hiervon sollen im Folgenden einige Beispiele aufgeführt werden; eine vollständige Auflistung findet sich im Anhang in Tabelle B.

- Aus Nürnberg stammt ein Patent für ein Verfahren zur Herstellung von langzeitstabilen Dispersionen: Es sind Anwendungen für Lebensmittel und Lebensmittel-Zusatzstoffe vorgesehen, z.B. als Austauschstoffe für Fette und Öle, um kalorienarme Lebensmittel herzustellen. Des Weiteren ist an die Lösung von Metallen, wie Gold in Likören und Pralinen, gedacht. Auch wird die Herstellung von Getränken möglich, deren Zusatzstoffe nicht wasserlöslich sind. Bezüglich der angestrebten Partikelgröße sollen mindestens ca. 70% der Tröpfchen oder Partikel in Größen von 1-300 nm vorliegen (Patentinhaber: Louis, Pöhlau, Lohrentz, Nürnberg; Patent-Nr.: DE 10 2006 011 881 A1).
- Die Firma Lyotropic Therapeutics hat sich ein Verfahren zur Herstellung beschichteter Nano-Teilchen patentieren lassen. Die beschichteten Partikel sollen für das Lösen und Speichern einer großen Vielzahl von Materialien geeignet sein. Sie sollen z.B. zur Einkapselung von flüchtigen Geschmacksstoffen, Aromen und Ölen, pflanzlichen Fetten, Enzymen für Gärungsprozesse (z.B. Bierherstellung) sowie Konservierungsmitteln verwendet werden können (Patentinhaber: Lyotropic Therapeutics, Inc, Ashland, USA; Patent-Nr.: DE 698 16 778 T2).
- Ein weiteres Patent betrifft die Herstellung von Inulin-Fractionen in Nano-Größe: Inulin ist ein Polysaccharid (Zucker), das aus Pflanzen extrahiert wird und als Lebensmittel-Additiv (Süßstoff zur Herstellung kalorienarmer und für Diabetiker geeigneter Lebensmittel, Massemittel) in vielen Ländern der EU zugelassen ist. Sein Einsatz ist bisher durch geringe Wasserlöslichkeit, Neigung zum Verklumpen etc. eingeschränkt. Durch die Erfindung zur Herstellung von Nano-Inulin sollen Inulin-Moleküle mit Molekulargewichten von 480-2.288 hergestellt werden, wodurch eine bessere Wasserlös-

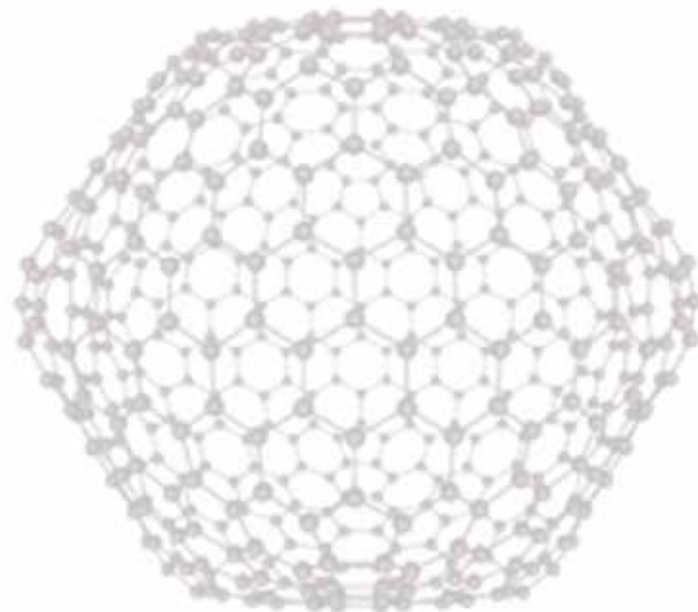
lichkeit erreicht werden soll (Patentinhaber: B.S. Silver, Salt Lake City, Utah, USA, Patent-Nr: DE 699 07 218 T2).

- Die Firma Röhm aus Darmstadt hat ein Patent auf eine multipartikuläre Arzneiform zur Herstellung von Nano-Pellets angemeldet. Diese Erfindung wird vom Patentamt unter Lebensmittelpatenten aufgeführt und ist für so genannte „Nutraceuticals“ einsetzbar. Sie betrifft Pellets, die aus einer inneren Matrix-Schicht aus Nanopartikeln aufgebaut sind, die Wirkstoffe enthält, und in eine Matrix aus Polymeren eingebettet sind. Diese Pellets werden im Magen freigesetzt, können in den Darm gelangen und sich dort nach Auflösung an die Darmschleimhaut heften, die ihre Wirkstoffe aufnimmt. Die Nanopartikel sollen bevorzugt in einer Größe von 50-250 nm vorliegen (Patentinhaber: Röhm GmbH & Co KG, Darmstadt; Patent-Nr.: DE 10 2004 059 792 A1).
- Eine weitere Patentanmeldung aus der Grauzone zwischen Nahrungsergänzungsmittel und Pharmazeutika kommt aus Rostock. Für ein Präparat zur Prophylaxe und Therapie von Stresszuständen, von funktionellen und organischen Störungen des Nervensystems und des Stoffwechsels sollen energietisierte/magnetisierte Mikro- und Nanopartikel hergestellt oder eingesetzt werden. Neben der Aminosäure Glycin und Naturstoffextrakten sollen Zeolithe, Bentonite und Siliziumdioxid in Mikro-/Nano-Partikelgröße in verschiedenen Präparaten und Ausführungen vorhanden sein (Patentanmelder: Tech, Egon, Rostock; Patent-Nr.: DE 2005 027 905 A1).

Nanopartikel als Nebenprodukte der Nahrungsmittelproduktion

Bisher wurde der bewusste Einsatz synthetischer Nanomaterialien in der Lebensmittelindustrie dargestellt. Neue Untersuchungen haben aber auch anorganische und unlösliche Nanopartikel ohne jeglichen Nährwert in Lebensmitteln nachgewiesen, die anscheinend unbeabsichtigt durch Abrieb aus den Maschinen, die bei der Lebensmittelverarbeitung benutzt werden, entstehen (Gatti ohne Datum). So wurden bei einer Untersuchung von Brot und Keksen in etwa 40 % der Proben Verunreinigungen durch anorganische Nano- und Mikropartikel nachweisen (Gatti et al., Veröffentlichung erfolgt). Zukünftig könnte die unbeabsichtigte Kontamination von Lebensmitteln mit Nanopartikeln noch zunehmen. Bei der Recherche nach Patenten konnten u.a. einige gefunden werden, die Nano-Beschichtungen für Anlagenteile und Maschinen in der Lebensmittelherstellung vorsehen (Anhang Tabelle B).

Außerdem können Nanopartikel auch unbeabsichtigt bei der normalen Verarbeitung von Lebensmitteln als Nebenprodukte entstehen. Verarbeitungsprozesse, bei denen Nanopartikel von einer Größe von einigen hundert Nanometern und Nano-Emulsionen entstehen, finden z.B. bei der Produktion von Salatsoßen, Schokoladensoßen, Süßungsmitteln, Würzölen und vielen anderen Fertigprodukten statt (Sanguansri und Augustin 2006).



4. Lebensmittelverpackungen und Küchenartikel

Verlängerung der Haltbarkeit abgepackter Lebensmittel

Die Verpackung von Lebensmitteln war eine der ersten kommerziellen Anwendungen der Nanotechnologie in der Lebensmittelbranche (Roach 2006). Schätzungen zufolge werden derzeit etwa 400-500 Verpackungen mit Nanomaterialien verwendet und im nächsten Jahrzehnt in etwa 25% aller Lebensmittelverpackungen zu finden sein (Helmut Kaiser Consultancy Group 2007a; Reynolds 2007). 2003 wurden die meisten Nano-Verpackungen (gemessen am Gewinn) für Lebensmittel, Bier, Erfrischungsgetränke und Säfte verwendet (PIRA International, zitiert in Louvier 2006). Die Hauptfunktion von Nano-Verpackungen besteht darin, die Produkthaltbarkeit zu verlängern. Dazu werden die Eigenschaften der Verpackungen häufig so verändert, dass Gase und Flüssigkeiten weder ein- noch austreten können oder das Eindringen von UV-Licht verhindert wird (AzoNano 2007; Lagaron et al., 2005; Sorrentino et al. 2007). So hat DuPont mit dem Produkt DuPont Light Stabilizer 210 einen Kunststoff mit Zusatz aus Nano-Titandioxid eingeführt, der die Schäden durch eindringendes UV-Licht bei durchsichtigen Verpackungen reduzieren soll (ElAmin 2007a, DuPont ohne Datum). Mit Durethan KU 2-2601 hat Bayer eine Verpackungsfolie auf den Markt gebracht, die Nano-Plättchen aus Siliziumdioxid enthält und besonders effektiv das Eindringen von Sauerstoff verhindern soll (Bayer ohne Datum). Auch etliche andere Unternehmen arbeiten derzeit an der Entwicklung von Nano-Verpackungen, die den Gasaustausch oder das Eindringen von UV-Licht verhindern sollen. Tabelle B im Anhang listet eine Reihe von Patenten für Nano-Verpackungsmaterialien dieser Art auf, die beim Deutschen Patentamt gelistet werden.

Lebensmittelverpackungen, die Chemikalien freisetzen

Nano-Verpackungen, die Chemikalien freisetzen, ermöglichen eine direkte Interaktion zwischen Verpackung und Lebensmittel. Die Verpackungen können nanogroße antibakterielle Substanzen, Antioxidationsmittel, Geschmacksstoffe, Geruchsstoffe und „Nutraceuticals“ in Lebensmittel oder Getränke abgeben. Ziel ist es, die Haltbarkeit zu verlängern sowie deren Geruch oder Geschmack zu verbessern (del Nobile et al. 2004; LaCoste et al. 2005; Lopez-Rubio et al. 2006; Nachay 2007). In vielen Fällen enthalten die Nano-Verpackungen einen Überprüfungsmechanismus, wodurch die Freisetzung von Chemikalien als Reaktion auf einen bestimmten Impuls erfolgt (Gander

Essbare Nano-Beschichtungen

Durch Nanotechnologie können essbare Nano-Beschichtungen von nur 5 nm Schichtdicke entwickelt werden, die optisch nicht wahrnehmbar sind und zum Überzug für Fleisch, Käse, Obst, Gemüse, Süßwaren, Backwaren und Fastfood vorgesehen sind. Sie können das Ein- und Austreten von Gasen und Flüssigkeit verringern oder als Träger von Farbstoffen, Geschmacksstoffen, Antioxidationsmitteln und Enzymen fungieren. So soll z.B. die Produkthaltbarkeit auch nach Öffnen der Packung verlängert werden (Renton 2006; Weiss et al. 2006).

Der Firma Mars Inc. wurde ein Patent auf „essbare Produkte mit anorganischen Beschichtungen“ erteilt. Die Beschichtung besteht aus Titandioxid (United States Patent 5741505, 1995) und soll verhindern, dass die Schokolade nach längerer Lagerung einen grauen Überzug erhält (Boeing, 2005). Dem Patent zufolge könnten die Beschichtungen auch auf u.a. Keksen, Kartoffelchips und Frühstücksmüsli verwendet werden. Nach Aussagen der Firma Mars wurde und wird diese Technik nicht eingesetzt und das Patent soll in verschiedenen Ländern auslaufen und nicht erneuert werden (persönliche Mitteilung von Mars Deutschland). Die US-amerikanische Firma Sono-Tek Corp. hat dagegen im Frühjahr 2007 bekannt gegeben, eine essbare Nano-Beschichtung entwickelt zu haben, die direkt auf Backwaren aufgetragen werden kann (ElAmin, 2007b).

2007). Gleichzeitig können nicht gewünschte Fremdaromen von den Nano-Verpackungen absorbiert werden. Derzeit werden auch Nano-Kohlenstoffröhren entwickelt, die Sauerstoff oder Kohlenstoffdioxid aus der Packung befördern, da diese zum Verderben der Lebensmittel beitragen (FoodQualitynews.com 2005).

Tabelle 5: Nano-Verpackungen, die gezielt Chemikalien freisetzen (in Entwicklung)

| Unternehmen | Nano-Inhalt | Zweck |
|-------------------------|--|--|
| CSP Technologies | Ein Polymer, dass in Reaktion auf äußere Reize Zusatzstoffe in Nahrung oder Getränke absondert | Bessere Kontrolle über Feuchtigkeit, Sauerstoff, Bakterien, Geruch und den Geschmack des Produktes (LeGood and Clarke 2006) |
| Kraft | „Elektronische Zunge“, die durch Nanosensoren in der Lage ist, die Anwesenheit bestimmter Chemikalien zu „erschmecken“, um daraufhin gezielt Substanzen freizusetzen | Kontrollierte Abgabe von Geruchsstoffen, Geschmacksstoffen und Nutraceuticals in Nahrungsmittel, um individuellen Kundenbedürfnissen zu entsprechen (Wolfe 2005) |

Intelligente Verpackungen mit Nano-Sensoren

Verpackungen, die mit Nano-Sensoren ausgestattet sind, können die internen oder externen Beschaffenheiten von Lebensmitteln, Granulaten oder Verpackungen während der gesamten Versorgungskette kontrollieren. Die Verpackungen können z.B. Veränderungen von Temperatur oder Feuchtigkeitsgrad durch einen Farbwechsel anzeigen (Food Production Daily 2006a; Gander 2007; El Amin 2006a). Verschiedenste Firmen wie Nestlé, British Airways, MonoPrix Supermarkets und 3M verwenden bereits jetzt Verpackungen mit chemischen Sensoren. Die Nanotechnologie bietet neue Möglichkeiten, diese Anwendungen auszuweiten (LeGood and Clarke 2006). Beispielsweise können intelligente Verpackungssysteme mit kostengünstigeren Radiofrequenz-Identifikationskennzeichen ausgestattet werden (Nachay 2007; Pehanich 2006). Hierbei handelt es sich

um winzige Sender, über die einfache Informationen über das Produkt übermittelt werden können. Dies könnte z.B. die Lagerverwaltung in Supermärkten erleichtern. Die US-Firma Oxonica hat einen Nano-Strichcode entwickelt, der auf einzelnen Produkten oder Granulaten aufgedruckt und mit einem besonderen Mikroskop abgelesen wird (Roberts 2007). Die Forschung befasst sich derzeit aber auch noch mit neueren Formen intelligenter Verpackungen. So möchte die Firma PsiNutria, ein Ableger der Firma pSivida, Produkte auf den Markt bringen, die z.B. „Krankheitserreger entdecken, die Versorgungskette kontrollieren, Lebensmittel haltbar machen und die Temperatur bei der Lebensmittellagerung überprüfen“ (pSivida 2005). Auch eine essbare intelligente Verpackung soll mit der von PsiNutria entwickelten Technik möglich sein.

Tabelle 6: Verpackungsmaterialien mit Nano-Sensoren (in Entwicklung)

| Entwickler | Nano-Inhalt | Wirkung |
|---|---|---|
| Universität Southampton, Großbritannien & Deutsches Kunststoff-Institut | „Opal“ Film der 50 nm Nano-Rußpartikel (Carbon Black) enthält | Verändert die Farbe als Reaktion auf verdorbene Lebensmittel (El Amin 2007d) |
| Georgia Tech, USA | Biosensor auf Basis vielschichtiger Kohlenstoffnanoröhrchen | Entdeckt Mikroorganismen und giftige Proteine in verdorbenen Lebensmitteln und Getränken (Nachay 2007) |
| Universität Strathclyde, Schottland | „Tinte“ auf Basis von Nano-Titandioxid, die auf Anwesenheit von Sauerstoff mit einer Farbänderung reagiert, sobald sie UV-Licht ausgesetzt wird | Ein Aufkleber auf der Verpackung reagiert mit einer Farbänderung, wenn die Verpackung undicht wird (ElAmin 2006a) |
| MiniFAB, Australien | Biosensoren auf Basis der Nanotechnologie | Entdeckt biologische Verunreinigungen (Invest Australia 2007) |

Biologisch abbaubare Verpackungen mit Nanomaterialien

Biokunststoffe (Kunststoffe auf Pflanzenbasis) leiden an geringerer Festigkeit als Kunststoffe auf Erdölbasis, die herkömmlicherweise für Verpackungen und Tüten aus Plastik verwendet werden. Die Entwicklung von Nanomaterialien, die diese Biokunststoffe verstärken, könnte dieses Problem möglicherweise

beheben (ElAmin 2007e; Nanowerk 2007; Sorrentino et al. 2007; Technische Universität, Dänemark 2007). Allerdings gibt es noch keine gesicherten Aussagen über die Umweltrisiken der Nano-Füllstoffe in diesen Kunststoffen, die möglicherweise in die Umwelt freigesetzt werden, wenn sich die Biokunststoffe zersetzen.

Tabelle 7: Biologisch-abbaubare Nano-Verpackungsmaterialien

| Entwickler | Nano-Inhalt | Wirkung |
|--|--|--|
| „Sustainpack“: 35 Institute, Universitäten und Unternehmen aus 13 europäischen Ländern | Biopolymere mit Nanoanteil aus Nano-Ton | Verstärkt biologisch abbaubare Verpackungen aus Fasern und macht wasserabweisend (Nanowerk 2007) |
| Technische Universität Dänemark und andere | Biopolymere mit Nanoanteil aus Nano-Ton und anderen Mineralien | Verwendung von Nano-Ton und anderen Mineralien zur Verstärkung von Biokunststoffen (Technische Universität, Dänemark 2007) |
| Plantic Technologies, Australien | Biopolymere mit Nanoanteil, unbekannter Füllstoff | Biologisch-abbaubarer Kunststoff, mit dem ca. 80% des australischen Schokoladenmarkts, inklusive Cadbury Australia, beliefert werden (Invest Australia 2007) |
| Australia's Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, Australien | Biopolymere mit Nanoanteil, unbekannter Füllstoff | Verbrennbare, kompostierbare, und CO ₂ -neutrale Nano-Verbundkunststoffe aus erneuerbaren Rohstoffen (Invest Australia 2007) |
| Rohm und Haas, USA | Biopolymere mit Nanoanteil Paraloid BPM-500 | Verwendung zur Härtung von PLA, einem biologisch abbaubaren Kunstharz aus Mais. Die Transparenz von PLA bleibt dabei erhalten (El Amin 2007e) |

Antibakterielle Verpackungen und Küchenartikel auf Nano-Basis

Im Unterschied zu Verpackungen, die Chemikalien gezielt abgeben, gibt es andere Verpackungen und viele Küchenartikel, in denen die enthaltenen Nanomaterialien direkt als antibakterieller Wirkstoff fungieren. Die Produkte verwenden meist Silber-Nanopartikel, es werden aber auch Nano-Zinkoxid und Nano-Chlordioxid genutzt (AzoNano 2007; LeGood and Clarke 2006). Außerdem werden Nano-Magnesiumoxid, Nano-Kupferoxid und sogar Nano-Kohlenstoffröhrchen als Verpackungsmaterial angepriesen (ElAmin 2007c; Nanologue 2005). Verschiedene Produkte sind bereits auf dem Markt: So bietet die Firma Samsung diverse Kühlschränke mit Nano-Silber an, z.B.

das Modell RS-21WANS (Samsung ohne Datum). Die Kühl- und Gefrierkombination FRS-T20FAM der Firma Daewoo wird ausgelobt mit einer Innenbeschichtung aus aktivem Nano-Silber, das „eine außergewöhnliche antibiotische und geruchshemmende Kraft hat. Das in kleinste Teilchen aufgespaltene Silber verhindert das Wachstum und die Vermehrung von Keimen“ (Daewoo News 2007). Die Firma Nanopool bewirbt eine Nano-Beschichtung mit schmutzabweisender und desinfizierender/bakterizider Wirkung, die offenbar Nano-Siliziumdioxidpartikel enthält (der Hersteller gibt an, sein Produkt aus Sand zu gewinnen). In einer McDonalds Filiale in Salzburg sollen damit u.a. die Scheiben, der Kunststoffboden, die Steinfliesen,

Tabelle 8: Verpackungen, Küchenutensilien und -geräte mit antibakterieller Ausstattung auf Nanobasis (im Handel)

| Hersteller | Anwendung |
|---|---|
| SongSing Nano Technology | Mit Nano-Zinkoxid behandelte Frischhaltefolie |
| WorldOne | Mit Nano-Silber behandelte Plastikbeutel |
| A-Do Global, BlueMoonGoods, Everin, JR Nanotech Plc, Nano Silver Products | Mit Nano-Silber behandelte Behälter zur Lebensmittellagerung |
| Baby Dream | Mit Nano-Silber behandelte Babyfläschchen und Trinkbecher |
| Küchenprofi, A-DO Global | Mit Nano-Silber behandeltes Schneidebrett |
| SongSing Nano Technology | Mit Nano-Silber behandelte Teekanne |
| LG, Daewoo, Hitachi, Samsung | Mit Nano-Silber behandelte Kühlschrankinnenflächen, bzw. „Nano-Titanfilter“ (Hitachi) |
| Die Nano Experten/Nanopool | Veredelungstücher für den Kühlschrank mit antibakterieller Wirkung auf Nanobasis |

Kunststoff- und Keramikoberflächen in der Toilette, die Edelstahlküche, der Küchenboden und die Tische versehen worden sein (Nanopool 2007). Nanopool selbst schreibt, dass „die umweltfreundliche lebensmittelgerechte Veredelung von Oberflächen mit Nanotechnologie die Unterhaltskosten um bis zu 40% gesenkt“ habe.

Nano-Reinigungsmittel und -Beschichtungen

Auch im Reinigungsmittelbereich finden sich Nano-Produkte. Dabei werben die meisten Produkte mit dem Schlagwort der Versiegelung, die die Oberfläche härtet, kratzfest und leicht zu reinigen macht, einige werden auch als bakterienhemmend beworben. Das Reinigungsspray Sidolin der Firma Henkel z.B. eignet sich für Glas und andere glatte Oberflächen, z.B. in der Küche, und soll durch die enthaltene Nano Protect-Komponente einen höheren Glanz und eine Antihafteffekt bewirken (Henkel ohne Datum). Das Produkt Mega Nano Home Chrom & Edelstahl wird u.a. für Küchen als schmutz- und wasserabweisende Nano-Beschichtung empfohlen, mit Abperleffekt und einer Antihafteffekt gegen Schmutz, Kalk, Bakterien und Fingerabdrücke (Mega Nano ohne Datum). Ein speziell für Fast-

Food-Ketten entwickeltes Produkt ist Oilfresh der Firma Oil-Fresh Corporation. Dieses Produkt basiert auf einer „katalytisch wirksamen“ Nano-Keramikbeschichtung, die laut Herstellerangaben eine Polymerisation des Frittieröls verhindert, das dadurch seltener gewechselt werden muss. In den USA ist es bereits zugelassen (Oil Fresh ohne Datum). Eine Antihafteffektbeschichtung für Einkaufswagen oder Transportbehälter hat die Firma systec POS-Technology GmbH aus Puchheim beim Patentamt angemeldet. Diese Erfindung sieht eine Beschichtung von Einkaufswagen aus Metall mit einer hydrophoben bzw. superhydrophoben schmutz- und bakterien-/pilzabweisenden Beschichtung vor, die eine nanostrukturierte Oberfläche aufweisen soll (Patent-Nr.: DE 20 2004 002 438 U1). Weitere Beispiele für Patentanmeldungen auf Nano-Beschichtungen, die für den Kontakt mit Lebensmitteln vorgesehen sind, finden sich im Anhang Tabelle B.

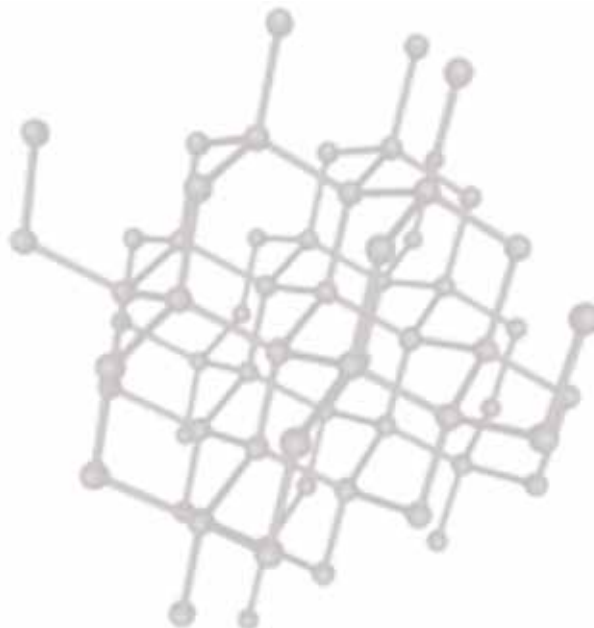
Tab. 9: Nano-Reinigungs- und Veredelungsmittel für den Küchenbereich

| Hersteller | Produktname | Nano-Inhalt | Zweck |
|------------|--|--|--|
| Henkel | Sidolin Streifenfrei Christal/Zitrus | „Nano-Protect“ – unspezifischer Nano-Inhalt | „Glanzklare Sauberkeit“, z.B. für Küchenflächen |
| Mega Nano | Mega Nano Home Chrom & Edelstahl | unspezifischer Nano-Inhalt | Lotus-Effekt, Anwendung z.B. für Küchenflächen |
| Nanogarde | Nanogarde Chrom- & Edelstahl Nanoversiegelung | unspezifischer Nano-Inhalt | Leichteres Reinigen, längere Sauberkeit |

Antihafbeschichtung für Mayonnaise- und Ketchupflaschen

Das Fraunhofer Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung (IVV) und das Fraunhofer Institut für Grenzflächen und Bioverfahrenstechnik (IGB), Partner aus der Industrie und die Technische Universität München haben sich für die Entwicklung einer Antihafbeschichtung zusammengeslossen, um den Resten in Mayonnaise- und Ketchupflaschen und dem unhandlichen Klopfen und Schütteln auf

Flaschenböden ein Ende zu bereiten (IVV 2006/2007, IGB 2007, Scenta 2007). Zu diesem Zweck wurden 20 nm dünne Beschichtungen auf die Innenseite der Verpackungen aufgetragen. Die ersten Prototypen wurden bereits entwickelt. Das Produkt soll möglichst in den nächsten zwei bis drei Jahren auf den Markt gebracht werden. Die Produktentwickler bewerben die Entwicklung als umweltfreundlich, da sich die Reste in den Packungen verringern lassen und dadurch des Reinigungsaufwand geringer und die Ausbeute des recycelten Kunstoffs größer wird.



5. Nanotechnologie und Landwirtschaft

Zu einer Zeit, in der es notwendig wäre, eine zukunftsfähige Landwirtschaft zu fördern, wird durch die Nanotechnologie eine neue Generation von Agrochemikalien eingeführt, die möglicherweise noch gefährlicher für die Umwelt sind als die derzeit verwendeten Mittel. Außerdem kann die Nanotechnologie zu einer vermehrten Anwendung der Genmanipulation bei Nutzpflanzen beitragen, da sie auch hierfür neue technische Möglichkeiten bietet. Die kommerzielle Nutzung von nanotechnologischen interaktiven Überwachungssystemen in der Landwirtschaft liegt noch in weiter Ferne. Zukünftig könnte sie jedoch zu einer weiteren Automatisierung der Abläufe und somit zu einer zusätzlichen Intensivierung der Landwirtschaft bei gleichzeitiger Einsparung von Personal führen.

Agrochemikalien auf Nano-Basis sind bereits im Einsatz

Veränderte Rezepturen von herkömmlichen Pestiziden, Wachstumsregulatoren und Mitteln zur Saatgutbehandlung gehören zu den ersten Nano-Chemikalien, die in der Landwirtschaft verwendet werden (ETC Group 2004; Green and Beestman 2007). Hersteller von Agrochemikalien haben die Bestandteile ihrer Produkte auf Nano-Größe verkleinert oder die Wirkstoffe in Nano-Kapseln verpackt, die sich nur unter ganz bestimmten Bedingungen wie Hitze, Sonnenlicht oder der alkalischen

Umgebung im Innern eines Insektenmagens öffnen. So sollen Nanopartikel dafür sorgen, dass Pestizide und Dünger wirksamer eingesetzt werden können. Joseph and Morrison (2006) geben an, dass viele Unternehmen Mittel herstellen, die Partikel mit einer Größe von 100-250 nm enthalten, und sich in Wasser besser auflösen lassen als herkömmliche Mittel. Andere Firmen setzen Mittel ein, die auf Wasser- oder Ölbasis hergestellt werden, und die Partikel in einer Größe von 200-400 nm enthalten.

Allerdings ist es auch bei Agrochemikalien extrem schwierig festzustellen, in welchen Nanomaterialien enthalten sind. Lediglich bei dem von Syngenta schon seit Jahren verkauften Wachstumsregulator „Primo Maxx“ (Syngenta ohne Datum) und einem Bodenhilfsstoff der deutschen Firma Geohumus (Geohums 2007) ist öffentlich, dass Nanomaterialien eingesetzt werden. Auf Nachfrage erklärte ein Sprecher von Syngenta Australien anfangs gegenüber Friends of the Earth Australien, dass auch andere Produkte der MAXX-Reihe Nanomaterialien enthalten würden. Diese Aussage wurde jedoch später zurückgezogen. Die Tabellen 10 und 11 geben eine Übersicht über die Agrochemikalien, die derzeit im Handel erhältlich oder noch in der Entwicklung sind.

Tabelle 10: Nano-Agrochemikalien (bereits im Handel)

| Produkt | Hersteller | Nano-Inhalt | Verwendungszweck |
|--|-----------------------------------|--|---|
| Geohumus Bodenhilfsstoff zur Wasserspeicherung | Geohumus International GmbH | Herstellung auf Nano-Basis durch Polymerisation eines wasserspeichernden Hybridmaterials. Lavagesteinsmehl und kolloidalen Silikat | steigert die Wasserhaltefähigkeit des Bodens |
| Primo MAXX Wachstumsregulator | Syngenta | Bei dieser Emulsion werden 100 nm große Partikel verwendet. | Durch die kleine Partikelgröße des Wirkstoffes erhöht sich die Wirksamkeit und die Einsatzmenge reduziert sich. Das Mittel lässt sich besser mit Wasser vermengen, hinterlässt keine Reste in Zerstäubertanks und weniger Nutzungsspuren auf Geräten. |

Tabelle 11: Nano-Agrochemikalien (in Entwicklung)

| Produkt | Hersteller | Nano-Inhalt | Verwendungszweck |
|---|---|---|--|
| „Super“ Kombination aus Dünger und Pestizid (Pakistan-U.S.) | „Science and Technology“ Kooperationsprogramm zwischen Pakistan und den USA | Eine Kapsel aus Nano-Ton, die zugleich Pestizide und Dünger enthält | Da der Wirkstoff nach und nach abgegeben wird, muss die Pflanze nur ein einziges Mal während ihrer gesamten Lebenszeit behandelt werden. |
| Pestizid (Raj 2006) | Landwirtschaftliche Universität Tamil Nadu (Indien) und Tecnológico de Monterrey (Mexiko) | Unklarer Nano-Inhalt | Greift die Saathülle von Unkräutern an, um so das Keimen von Unkrautsamen im Boden zu verhindern. |
| Herbizide und andere Pestizide (Invest Australia 2007) | Australian Commonwealth Scientific and Industrial Research | Nanokapseln | Die sehr geringe Größe der Nanokapseln erhöht die Wirksamkeit des Mittels und ermöglicht die gezielte Abgabe des Wirkstoffes. |

Nano-Biotechnologie

Bereits seit Jahrzehnten versuchen Wissenschaftler, die genetische Information von Bakterien, Pflanzen und Tieren zu manipulieren (Zhang et al. 2006). Die Nano-Biotechnologie eröffnet hierfür ein breites Spektrum an neuen Möglichkeiten. Wurde fremde DNS bislang mit viralen Trägern in die Zelle eingeschleust, wird man in Zukunft zu Nanopartikeln, -fasern und -kapseln greifen, da diese eine größere Anzahl an Genen und Chemikalien, die genetische Veränderungen hervorbringen, transportieren können (Bharali et al. 2005; He et al. 2003; Radu et al. 2004; Roy et al. 2005; Torney et al. 2007; Vassaux et al. 2006). Theoretisch ließe sich mit Hilfe der Nanotechnologie auch die Freigabe der DNS am Zielpunkt besser kontrollieren.

Nanotechnologische Verfahren können bereits heute von Wissenschaftlern verwendet werden, um die DNS-Struktur von landwirtschaftlichen Nutzpflanzen zu verändern. 2004 gelang es Wissenschaftlern an der Chiang Mai Universität in Thailand, die Farbe von Reis von Lila zu Grün zu verändern. Das Ziel war, Jasminreis zu züchten, der ganzjährig gepflanzt werden kann, an kürzeren Stämmen wächst und dessen Reiskörner eine schönere Farbe haben (ETC Group 2004). Anderen Berichten

zufolge hat es bereits Versuche gegeben, goldenen Reis durch Injektion von Kohlenstoffnanofasern, die fremde DNS-Informationen enthalten, genetisch zu verändern (AzoNano 2003).

Synthetische Biologie

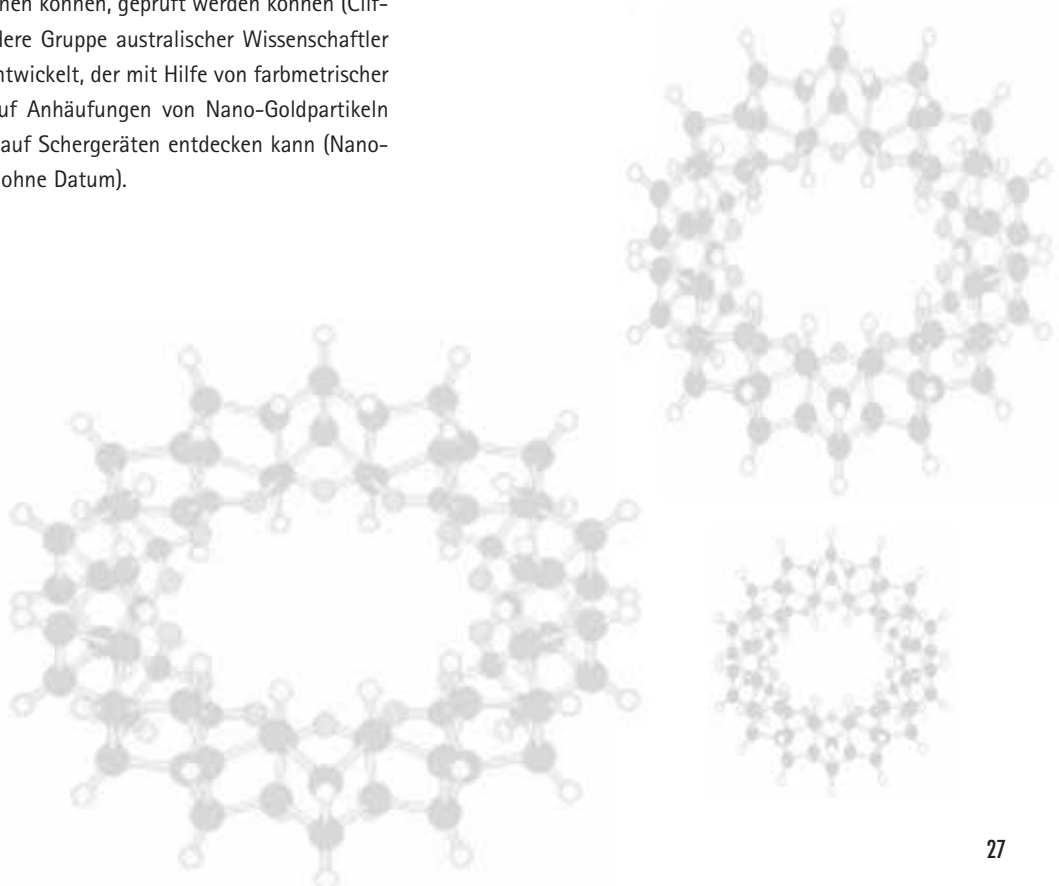
Der Begriff „synthetische Biologie“ beschreibt einen neuen wissenschaftlichen Bereich, der Bio-, Nano- und Informationstechnologie miteinander verbindet. Die United Kingdom's Royal Society beschreibt die synthetische Biologie als „ein neues Wissenschaftsfeld, das grob als Entwicklung und Konstruktion neuer künstlicher biologischer Entwicklungspfade, Organismen oder Bausteine oder als Umgestaltung bestehender biologischer Systeme beschrieben werden kann“ (U.K. RS 2007). Es wird wahrscheinlich noch einige Zeit dauern, bis es künstliche Organismen, die sich eigenständig vermehren können, tatsächlich gibt, aber die ersten Erfolge auf dem Weg zur Entwicklung synthetischen Lebens sind bereits zu verzeichnen. So ist es Wissenschaftlern das erste Mal außerhalb eines Virus gelungen, ein Bakterium komplett seiner genetischen Informationen zu berauben und es dann mit Erbinformation eines anderen Bakteriums zu füllen, so dass eine Art in eine andere verwandelt wurde (Lartigue et al. 2007).

Die synthetische Biologie kann in der Landwirtschaft und der Lebensmittelindustrie vielseitig verwendet werden. So entwickelt das Unternehmen Amyris Biotechnologies synthetische Mikroben zur Herstellung von „Nutraceuticals“, Vitaminen und Geschmacksstoffen für die Lebensmittelverarbeitung (Amyris Biotechnologies 2006; ETC Group 2007). Codon Devices ist ein weiteres Unternehmen, das mit Hilfe der synthetischen Biologie neue Anwendungen für die Landwirtschaft entwickelt, die eine bessere Kontrolle und Effizienz bei der gentechnischen Verwandlung von Pflanzen ermöglichen sollen (Codon Devices 2007). Eine detaillierte Einführung in die synthetische Biologie hat die ETC Group 2007 veröffentlicht (ETC Group 2007).

Nano-Sensoren in der Landwirtschaft

Sensoren auf der Basis von Nano- und Nano-Biotechnologie werden für eine Vielzahl von Anwendungsbereichen in der Landwirtschaft entwickelt. Eine australische Forschungseinrichtung hat so genannte „Nano-Arrays“ entwickelt, die verwendet werden könnten, um Pflanzenwachstum und Tierzucht zu überwachen und den Ausbruch von Krankheiten frühzeitig zu erkennen. Seine Entwickler glauben, dass so z.B. ein handliches Gerät hergestellt werden kann, mit dem innerhalb einer Stunde Milchproben auf Bakterien, die eine Euterentzündung bei Rindern verursachen können, geprüft werden können (Clifford 2007). Eine andere Gruppe australischer Wissenschaftler hat einen Apparat entwickelt, der mit Hilfe von farbmischer Identifikation, die auf Anhäufungen von Nano-Goldpartikeln basiert, Schafsläuse auf Schergeräten entdecken kann (Nanotechnology Victoria, ohne Datum).

Die Entwicklung nanotechnologischer Funk-Überwachungssysteme, die die Überwachung oder die völlige Fernsteuerung landwirtschaftlicher Betriebe ermöglichen, befindet sich noch in einem frühen Stadium. Befürworter dieser Entwicklungen hoffen, dass mit Hilfe der Nanotechnologie und der Nano-Biotechnologie winzige, selbstbetriebene Überwachungssysteme in landwirtschaftlichen Betrieben installiert werden können, die dem Betreiber Informationen über Bodenfeuchtigkeit, Temperatur, pH-Wert, Stickstoffverfügbarkeit, Unkräuter, Krankheitsbefall sowie den Gesundheitszustand von Pflanzen und Tieren übermitteln können (Joseph und Morrison 2006; Opara 2004; U.S. DoA 2003). Erst kürzlich haben Bath und Turberfield den Stand der Entwicklung so genannter „DNS Nano-Maschinen“ untersucht, in denen „Moleküle einzeln oder in Verbindung zueinander als spezialisierte Maschinen arbeiten“, die auf externe Stimuli reagieren können (Bath/Turberfield 2007). Sie stellten fest, dass bereits Sensoren existieren, die auf Temperatur und pH-Wert reagieren. Es wird erwartet, dass interaktive nanotechnologische Überwachungssysteme entwickelt werden können, die eigenständig auf bestimmte Bedingungen reagieren, indem z.B. auf einen gemessenen Stickstoffmangel spezielle Nano-Dünger ausgeschüttet würden.



6. Risiken für die menschliche Gesundheit

Die Verwendung synthetischer Nanomaterialien in Lebensmitteln, Nahrungsergänzungsmitteln, Lebensmittelverpackungen und Agrochemikalien birgt völlig neue Risiken für Verbraucher und Arbeitnehmer in der Lebensmittelindustrie sowie für Landwirte.

Warum Nanopartikel neue Risiken darstellen

- ▶ *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 gesundheitlichen Langzeitschäden führen.*

Das toxische Potential von Nanopartikeln ist bislang nur unzureichend bekannt. Wir wissen nicht,

- ▶ *in welchem Maß wir derzeit Nanomaterialien ausgesetzt sind,*
- ▶ *welche Aufnahmemenge und -art bereits Gesundheitsschäden hervorruft oder ob es überhaupt einen sicheren Grenzwert zum Schutz vor gesundheitlichen Schäden gibt.*

Nanopartikel lassen sich durch das körpereigene Abwehrsystem schwerer aus Lungen, Magen-Darm-Trakt und Organen als größere Partikel entfernen (Oberdörster et al. 2005a) und binden sich leichter an Oberflächen innerhalb unseres Körpers (Chen et al. 2006a). Daher ist die Wahrscheinlichkeit, dass sie von Zellen und Geweben aufgenommen werden, wesentlich höher als bei größeren Partikeln.

Zahlreiche in vivo Versuche an Ratten und Mäusen haben ergeben, dass Nanopartikel vom Magen-Darm-Trakt aufgenommen werden (Chen et al. 2006b; Desai et al. 1996; Hillyer und Albrecht 2001; Wang B. et al. 2007; Wang J. et al. 2007). Es gibt immer deutlichere Hinweise darauf, dass manche synthetischen Nanopartikel toxischer wirken als die gleichen chemischen Verbindungen in größerer Form, bezogen auf das gleiche Volumen (Brunner et al. 2006; Chen et al. 2006b; Long et al. 2006; Magrez et al. 2006). So ist z.B. Titandioxid in Makroform biologisch inaktiv, kommt es jedoch in einer Größe unter 100 nm oder von nur einigen hundert Nanometern vor, haben in vitro Versuche deutliche negative Auswirkungen gezeigt: Es schädigt die DNS und die Zellfunktionen, beeinträchtigt Abwehrmechanismen von Immunzellen und kann sogar Entzündungen hervorrufen, da die Partikel Bakterienbestandteile aufnehmen und diese durch den Magen-Darm-Trakt schleusen können (Ashwood et al. 2007; Donaldson et al. 1996; Long et al. 2006; Lucarelli et al. 2004; Wang J. et al. 2007). Tabelle 12 zeigt einige Beispiele von wissenschaftlichen Ergebnissen zur Toxizität von Nanomaterialien, die im Lebensmittelsektor verwendet 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).

Nach unserem Wissen existieren bislang keine Studien, die die chronische Toxizität synthetischer Nanopartikel untersuchen. Allerdings können selbst Tierversuche über einen Zeitraum von zwei Jahren keine gesicherten Erkenntnisse über mögliche Spätfolgen beim Menschen erbringen. Obwohl eindeutig erwiesen ist, dass das Einatmen von Asbest Lungenkrebs verursachen kann, konnte dies niemals in Tierversuchen nachgewiesen werden, da sich die Erkrankung über einen wesentlich längeren Zeitraum herausbildet als die Labortiere überhaupt leben (Magrez et al. 2006). Auch wenn sich die Ergebnisse der vorliegenden Studien nicht direkt auf die Anwendung der Sub-

Tabelle 12: Toxizität von Nanomaterialien, die in der Lebensmittelindustrie verwendet werden

| Nanomaterial und Verwendung | Größe und Beschreibung | V Versuchsergebnisse zur Toxizität |
|--|--|--|
| Titandioxid Partikel von einigen hundert Nanometern als Lebensmittelzusatz verbreitet. Kleinere Nanopartikel werden als antimikrobieller Zusatz in Lebensmittelverpackungen und Aufbewahrungsgefäßen verwendet | 20 nm | Zerstörung von DNS in Zellkulturen (in vitro, Donaldson et al. 1996) |
| | 30 nm Mischung aus Rutil- und Anatas-Formen von Titandioxid (s. Glossar) | Produktion von freien Radikalen in Kulturen von Hirnzellen in Zellkulturen (in vitro; Long et al. 2006) |
| | 25 nm, 80 nm, 155 nm | 25 nm und 80 nm Partikel verursachten Leber-, Nieren- und Herzmuskelschäden bei weiblichen Mäusen. Titandioxid-Ablagerungen in Leber, Milz-, Nieren- und Lungengewebe (in vivo; Wang J. et al. 2007) |
| Silber Wird als antimikrobieller Zusatz in Lebensmittelverpackungen, Aufbewahrungsgefäßen, Schneidebrettern und Kühlschränken verwendet | 15 nm | Toxisch für Stammzellen in der Keimbahn von Mäusen (in vitro; Braydich-Stolle et al. 2005) |
| | 15 nm, 100 nm | Toxisch für Leberzellen von Ratten (in vitro; Hussain et al. 2005) |
| | 15 nm, ionische Form | Toxisch für Gehirnzellen von Ratten (in vitro; Hussain et al. 2006) |
| Zink Partikel von einigen hundert Nanometern werden als Lebensmittelzusatz verwendet, kleinere Partikel als antimikrobielle Substanz in Verpackungen verwendet | 20 nm, 120 nm, Zinkoxidpulver | 120 nm Partikel beschädigten Magen, Leber, Herz und Milz bei Mäusen in Abhängigkeit von der Dosis. 20 nm Partikel schädigten Leber, Milz und Bauchspeicheldrüse (in vivo; Wang B. et al. 2007) |
| | 19 nm Zinkoxid | Bei bereits sehr niedriger Dosierung toxisch auf Zellkulturen von Mensch und Ratte (in vitro; Brunner et al. 2006) |
| | 58±16 nm, 1,08±0,25 µm Zinkpulver | Versuchsmäuse zeigten schwere Symptome (Teilnahmslosigkeit, Erbrechen, Durchfall). Die Dosis mit Nanopartikeln verstärkte die Reaktion, verursachte größere Nierenschädigungen und Anämie. Zwei von 60 Mäusen starben in der ersten Woche. (in vivo; Wang et al. 2006) |
| Siliziumdioxid Partikel von verschiedener Größe werden als Lebensmittelzusätze verwendet und für die Verwendung in Verpackungen beworben | 50 nm, 70 nm, 200 nm, 500 nm, 1 µm, 5 µm | 50 nm und 70 nm Partikel wurden in den Zellkern aufgenommen. Dort sorgten sie für abweichende Proteininformationen und hemmten das Zellwachstum (in vitro; Chen und von Mikecz 2005) |

stanzen im Lebensmittelbereich übertragen lassen, geben sie dennoch Anlass zur Sorge. Auch zeigen sie, wie dringend nötig es ist, weitere, umfassende Untersuchungen durchzuführen. Auch die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), das Umweltbundesamt (UBA) und das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) sehen dringenden Forschungsbedarf in den Bereichen Lebensmittel und Lebensmittelverpackungen, um mögliche Gesundheitsrisiken ausschließen zu können (BAuA et al. 2007).

Nanopartikel – Ursache für Morbus Crohn und andere Störungen des Immunsystems?

Es ist bekannt, dass Menschen, die an Asthma leiden, besonders empfindlich auf Luftverschmutzungen reagieren. Asthmakranke sind daher für ihre Mitmenschen eine Art „lebende Frühwarnsysteme“. Wissenschaftler haben kürzlich darauf hingewiesen, dass die zunehmende Verbreitung von Morbus Crohn – eine chronische Entzündung des Magen-Darm-Traktes, die zu Krebs führen kann – möglicherweise ein ähnliches Warnsignal für mögliche Schädigungen durch Nanopartikel und Partikel mit einer Größe von wenigen hundert Nanometern in verarbeiteten Lebensmitteln darstellt (Ashwood et al. 2007; Schneider 2007). Auch andere Ergebnisse deuten darauf hin, dass ein Zusammenhang zwischen der Belastung von Nanopartikeln und dem Anstieg der Störungen des Immunsystems und Entzündungen des Magen-Darm-Trakts besteht (Ashwood et al. 2007; Gatti 2004; Lomer et al. 2001; Lucarelli et al. 2004).

Arbeitsschutz - eine dringliche Angelegenheit

Arbeitnehmer, die mit der Herstellung, Verpackung oder dem Transport von Lebensmitteln und Agrochemikalien beschäftigt sind, die synthetische Nanomaterialien enthalten, sind vermutlich höheren und regelmäßigeren Belastungen ausgesetzt als die breite Öffentlichkeit. Das ist besonders beunruhigend, da bisher nicht bekannt ist, welche Belastung durch Nanomaterialien die Gesundheit gefährden kann und ob es überhaupt eine

unbedenkliche Belastungshöhe am Arbeitsplatz gibt. Entsprechend fehlen zuverlässige Arbeitsschutzmaßnahmen sowie Grundlagen und Messtechniken zur Ermittlung der Belastung (Exposition) (Maynard und Kuempel 2005; U.K. HSE 2004).

Studien haben ergeben, dass Nanomaterialien durch Einatmen in die Blutbahn gelangen, was das größte Risiko bei Arbeitnehmern darstellen dürfte (Oberdörster et al. 2005b). Einige Nanomaterialien können durch die Haut in den Körper eindringen (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. 2005a).

Weitergehende Gesundheitsprobleme durch Nahrungsergänzungsmittel

Es gibt nur wenige Studien, die sich mit den Gesundheitsrisiken von Nahrungsergänzungsmitteln im Nano-Bereich befassen, allerdings wurde in Tierversuchen mit Mäusen festgestellt, dass Nanopartikel und Partikel von wenigen hundert Nanometern aus Zink Organschäden und Blutarmut verursachen können (Wang et al. 2006). Dies ist besorgniserregend, da Nahrungsmittel und Getränke, z.B. für Kinder, mit 300 nm großen Eisen- und Zinkpartikeln angereichert werden, um ihren Nährstoffgehalt zu erhöhen (z.B. Toddler Drinks und Jamba Juice).

Die Nano-Industrie wirbt damit, dass ihre Nahrungsergänzungsmittel einen großen Teil, wenn nicht gar den gesamten individuellen Nährstoffbedarf abdecken. So sollen die Gesundheitsgetränke mit Schokoladen- und Vanillegeschmack von Toddler Health mit 300 nm großen SunActive™- Eisenpartikeln ein „natürlich ausgewogenes gesundes Getränk für Kinder im Alter zwischen 13 Monaten und 5 Jahren“ sein. Eine Portion Toddler Health versorge die Kleinen mit allen nötigen Vitaminen, Mineralien und Proteinen (Toddler Health, ohne Datum). Wie angereichert auch immer, Nano-Lebensmittel werden niemals den Nährwert von frischen, unbehandelten Lebensmitteln ersetzen können.

Außerdem können stark biologisch verfügbare Nahrungsergänzungsmittel auf Nano-Basis auch dazu führen, die Menschen mit übermäßigen Mengen einzelner Vitamine und Mineralien zu versorgen. Das Internet-Magazin Food Processing.com berichtet von einem Unternehmen, das einen Vitamin E-Zusatz auf Nano-Basis für Getränke bewirbt, der z.B. angereichertem Mineralwasser und „funktionellen“ Getränken beigemischt werden kann, ohne Geschmack oder Aussehen zu verändern. Das Zehnfache der empfohlenen Tagesdosis an Vitamin E für einen Erwachsenen könne damit ohne weiteres abgedeckt werden (Shelke 2007).

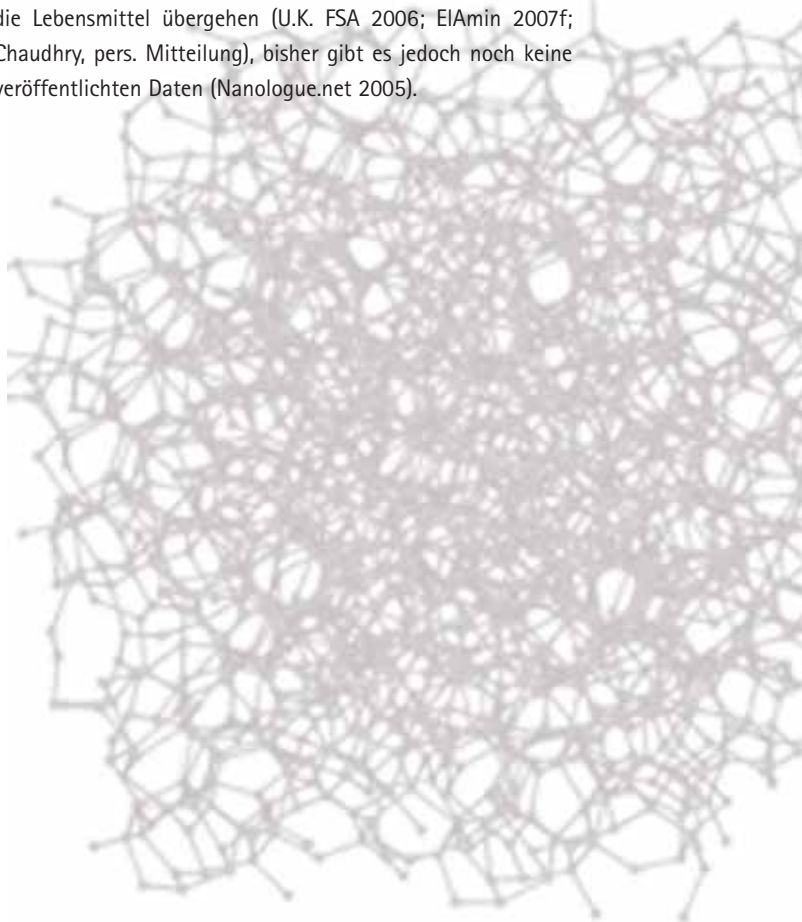
Wissenschaftler haben jedoch festgestellt, dass ungefährliche Substanzen giftig wirken können, wenn sie in überhöhten Mengen konsumiert werden. So hat z.B. das Bundesinstitut für Riskobewertung (BfR) durch eine umfassende gesundheitliche Bewertung zu Nutzen und Risiken von Vitaminen und Mineralstoffen erstmals die Möglichkeit eröffnet, Höchstmengen an diesen Stoffen für bestimmte Nahrungsergänzungsmittel oder angereicherte Lebensmittel abzuleiten und festgestellt, dass eine Überversorgung durchaus 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). 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)

Belastungen durch Verpackungsmaterial mit Nanopartikeln

Lebensmittelhersteller erhoffen sich große Vorteile von künftigen Verpackungen, die nanoverkapselte Geschmacksstoffe, Aromastoffe oder Lebensmittelzusatzstoffe nach und nach in Nahrungsmitteln freisetzen sollen. Sie versprechen sich redu-

zierte Produktionskosten und längere Haltbarkeit der Produkte. Allerdings werden dadurch gleichzeitig die synthetischen Nanomaterialien mitgegessen. Auch die Nano-Beschichtungen, mit denen Süßigkeiten, Backwaren, Obst und Gemüse überzogen werden sollen, führen zur Aufnahme von Nanomaterialien.

Durch die Verwendung von Nanomaterialien in Verpackungen, Frischhaltefolien, Aufbewahrungsgefäßen und Schneidebrettern erhöht sich die Wahrscheinlichkeit, dass Nanomaterialien in Lebensmittel gelangen. Längst bekannt ist, dass Polymere und andere chemische Zusätze, die momentan in Verpackungen verwendet werden, in das Essen gelangen (Franz 2005; Das et al. 2007). Umgekehrt nimmt auch die Verpackung Aromen und Nährstoffe der Lebensmittel auf. Vorläufige Ergebnisse einer Studie des United Kingdom's Central Labors und dänischer Wissenschaftler des National Food Institutes weisen allerdings darauf hin, dass vermutlich nur geringe Mengen des Nanomaterials (nanoskalige Tonplättchen und Nano-Silber) in die Lebensmittel übergehen (U.K. FSA 2006; ElAmin 2007f; Chaudhry, pers. Mitteilung), bisher gibt es jedoch noch keine veröffentlichten Daten (Nanologue.net 2005).



Antibakterielle Nano-Verpackungen und Nano-Sensortechnologien werden damit beworben, größere Lebensmittelsicherheit zu gewährleisten, da sie die Verunreinigungen durch Bakterien und Toxine anzeigen oder sogar reduzieren können. Bei Nano-Folien oder -Verpackungen, die, in Reaktion auf Bakterien-, Pilz- oder Schimmelbefall absichtlich antibakterielle Substanzen abgeben, gelangen hierdurch unausweichlich auch Nanopartikel in die Nahrung. Stark antibakteriell wirkende Stoffe wie Nano-Silber könnten nützliche Bakterien in unserem Körper und der Umwelt beeinträchtigen und im Ergebnis auch die Vermehrung gesundheitsgefährdender Bakterien fördern (Melhus 2007; Senjen 2007; Throback et al. 2007). De Jong (2005) hat auch vor den Gefahren von Nano-Sensortechnologien zur Überwachung von Verpackungsinhalten gewarnt. Diese seien zwar viel versprechend, brächten aber praktische Probleme mit sich. Da sich Toxine nicht gleichmäßig über den gesamten Packungsinhalt verteilen, müssten die Sensoren nicht nur sehr empfindlich schon auf kleinste Mengen reagieren, sondern auch mit großen Teilen des Produkts in Kontakt stehen, was bei einer Verpackung nicht der Fall ist.

Warum wirkt Nano-Silber stärker antibakteriell als größere Silberpartikel?

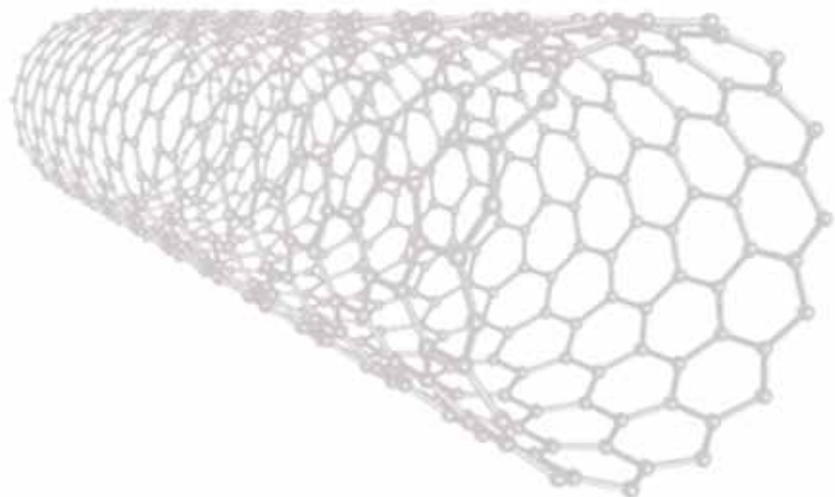
In ionisierter Form wirkt Silber sowohl antibakteriell als auch toxisch auf Zellkulturen. Die Oberfläche von Silber-Nanopartikeln ist relativ betrachtet größer als die Oberfläche größerer Silberpartikel. Daher ist Nano-Silber chemisch reaktiver und ionisiert leichter als größere Silberpartikel. Da mehr Ionen freigesetzt werden, wird die antibakterielle und zytotoxische Wirkung verstärkt. Das ist besorgniserregend, weil der zunehmende Gebrauch in Küchengeräten, Küchenutensilien und als Desinfektionsmittel zu höheren Belastungen von Menschen und Umwelt durch Silber führt.

Obwohl jede Lebensmittelvergiftung inakzeptabel ist, darf nicht vergessen werden, dass jedem dieser Fälle 50 Personen gegenüber stehen, die an den Folgen schlechter Ernährung und mangelndem Verzehr von Obst und Gemüse leiden (Lang und Rayner 2001). Sollte es dazu kommen, dass Lebensmittel in Nano-Verpackungen erfolgreich als sicherer vermarktet werden als frische, unverpackte Nahrung und sollte der Konsum frischer Lebensmittel damit weiter abnehmen, könnte das im Ergebnis zu einer Verschlechterung des allgemeinen Gesundheitszustandes beitragen.

Die kanadische zivilgesellschaftliche Organisation ETC Group (2004) merkt an, dass Nanosensoren sowie die Benutzung intelligenter Strichcodes – selbst wenn sie zur Lebensmittelüberwachung sinnvoll sein mögen – nicht die eigentlichen Probleme der industriellen Landwirtschaft, die zu Belastungen von Lebensmitteln führen, lösen können. Vielmehr seien letztlich „die immer schnelleren Verarbeitungswege in der Fleischwirtschaft, ein höherer Grad an Mechanisierung, eine immer kleiner werdende Belegschaft von Billiglohnempfängern, weniger Kontrolleure, weniger Verantwortung seitens der Unternehmen und der Regierung und die große Entfernung zwischen Produzenten, Verarbeitern und Konsumenten“ verantwortlich für die zunehmenden Lebensmittelskandale.

Gesundheitsrisiken durch Agrochemikalien

Bei Landwirten und deren Familien, die mit herkömmlichen Agrochemikalien in Kontakt kommen, konnten erhöhte Krebsraten sowie Fruchtbarkeitsstörungen festgestellt werden (Davidson und Knapp 2007; Hanazato 2001; Relyea und Hoverman 2006). Da nun Nano-Rezepturen von konventionellen Chemikalien entwickelt werden, die reaktiver und bioaktiver sind, besteht außerdem die Gefahr, dass sie, obwohl in geringeren Mengen verwendet, für Mensch und Umwelt höhere Risiken als die konventionellen Agrochemikalien bergen.



7. Risiken für die Umwelt

Die Produktion, Verwendung und Entsorgung von Nahrungsmitteln, Lebensmittelverpackungen und landwirtschaftlichen Erzeugnissen, die synthetisierte Nanomaterialien enthalten, wird unweigerlich dazu führen, dass diese Materialien auch in die Umwelt gelangen. Abfälle und Abwässer aus der Produktion, Abnutzungen durch den Gebrauch, sowie Entsorgung und Recycling können zur Freisetzung von Nanomaterialien führen. Andere Nanomaterialien werden sogar gezielt in die Umwelt eingebracht, z.B. als Pestizide oder Dünger.

Obwohl die kommerzielle Nutzung von Nanomaterialien in der Landwirtschaft und dem Lebensmittelsektor steigt, gibt es bisher kaum Erkenntnisse über mögliche Umweltprobleme. Erste Studien unterstreichen den dringenden Bedarf nach weiterer Forschung (Moore 2006). Die Aufnahme von Nanopartikeln durch Pflanzen wurde bislang nicht untersucht. In einigen Wasserorganismen scheinen sich synthetische Nanomaterialien zu konzentrieren und es ist noch nicht bekannt, ob sich Nanomaterialien über die Nahrungskette anreichern können (Boxhall et al. 2007; Tran et al. 2005). Über die möglichen Umweltprobleme durch die landwirtschaftliche Nutzung von Pflanzen, die mit Hilfe von Nanomaterialien genetisch verändert wurden, oder gar durch synthetische Organismen, hat man noch weniger Erkenntnisse.

Umweltrisiken bereits kommerziell genutzter Nanomaterialien

Zwar gibt es bisher nur wenige wissenschaftliche Studien über Umwelteffekte von Nanomaterialien, dennoch gibt es bereits Belege dafür, dass Nanomaterialien, die in der Landwirtschaft oder Lebensmittelindustrie verwendet werden, ein Risiko für die Umwelt darstellen können. Dies gilt insbesondere für antibakterielle Nanomaterialien, wie Silber, Zinkoxid und Titandioxid, die immer häufiger in Lebensmittelverpackungen oder Küchenutensilien, wie Frischhaltefolien, Schneidebrettern, Essbesteck und Frischhaltedosen, verwendet werden. Das mit am häufigsten verwendete Nanomaterial, Nano-Titandioxid, ist insbesondere nach Einwirkung von UV-Licht giftig für Algen und Wasserflöhe, die als ökologische Indikatorspezies in der Umweltgesetzgebung verwendet werden (Hund-Rinke und Simon 2006; Lovorn und Klaper 2006). Eine vorläufige Studie hat ergeben, dass auch Nano-Zinkpartikel toxisch auf Algen und Wasserflöhe wirken (Luo 2007). Über die Auswirkungen von Nanomaterialien auf Bakterien, Mikroorganismen und Pil-

ze in natürlichen Systemen weiß man jedoch noch sehr wenig. Es ist aber möglich, dass das erhöhte Vorkommen von hochwirksamen antibakteriellen Nanomaterialien im Abwasser die Funktionsweise von nützlichen Bakterien in der Umwelt stört. So könnten antibakterielle Nano-Substanzen die Symbiose von Pflanzen mit stickstofffixierenden Bakterien beeinflussen (Oberdörster et al. 2005a) und den Stickstoffhaushalt (Nitrifizierung und Denitrifizierung) in Süß- und Salzwassermilieus 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. Es ist außerdem zu befürchten, dass die weit verbreitete Verwendung von antimikrobiellen Substanzen zur Ausbildung von Resistenzen bei schädlichen Bakterien führen könnte (Melhus 2007). Der erhöhte Eintrag von Silberionen ins Abwasser könnte zudem die nützlichen Bakterien in biologischen Klärungen von Abwasserreinigungsanlagen stören. In Schweden hatten die zuständigen Behörden und die Wasserwirtschaft eine Beschwerde an Samsung gerichtet, nachdem diese eine Waschmaschine auf den Markt gebracht hatten, die durch nanotechnologische Verfahren gezielt Silberionen ins Waschwasser freisetzt (Senjen, 2007).

Nano-Kohlenstoffröhrchen finden z.Zt. in der Lebensmittelindustrie noch keine Verwendung, dennoch werden sie bereits wegen ihrer antibakteriellen Wirkung für den Einsatz in der Lebensmittelherstellung und -verpackung (ElAmin 2007c) und für Folienverpackungen zur Verlängerung der Haltbarkeit von Lebensmitteln angepriesen (FoodQualitynews.com 2005). Die Umweltrisiken von Nano-Kohlenstoffröhrchen sind bisher kaum untersucht, erste Ergebnisse zeigen jedoch, dass Nebenprodukte, die bei ihrer Herstellung entstehen, zu einer erhöhten Sterblichkeitsrate und einer verzögerten Entwicklung des wirbellosen Brackwasser-Ruderfußkrebses *Amphiascus tenuiremis* (Templeton et al. 2006) und zu einem verzögerten Ausschlüpfen der Larven des Zebraärbblings (*Danio rerio*) führen (Cheng et al. 2007).

Nano-Agrochemikalien – schädlicher als herkömmliche Agrochemikalien?

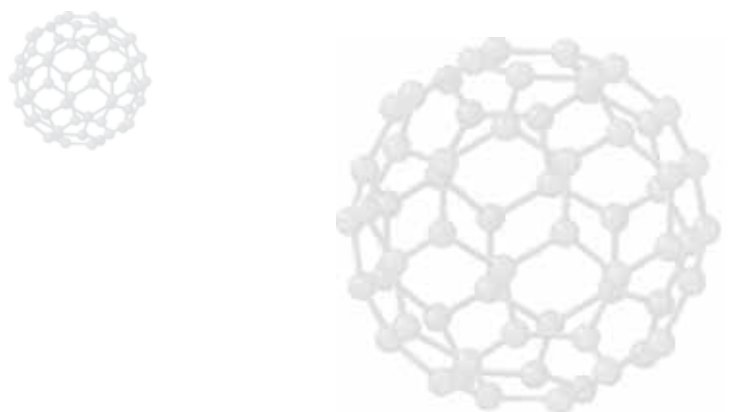
Herkömmliche Agrochemikalien wie Pestizide, Dünger und Saatgutbehandlungsmittel haben zur Boden- und Wasserverschmutzung beigetragen, erhebliche Störungen dieser Ökosysteme verursacht und zum Verlust der Artenvielfalt geführt (Beane Freeman et al. 2005; Petrelli et al. 2000; van Balen et al. 2006). Befürworter neuer Pestizide auf Nano-Basis argumentieren, dass ihre stärkere Wirksamkeit und die verbesserten Möglichkeiten einer zielgerichteten und sparsameren Verwendung die Umweltbelastung verringern würde. Allerdings bergen genau diejenigen Eigenschaften, die ihre Effizienz steigern – größere Toxizität, höhere biologische Verfügbarkeit und die längere Haltbarkeit auf dem Feld –, auch die neuen Risiken für Mensch und Umwelt: Rückstände könnten persistenter sein und zu neuartigen Belastungen von Boden, Wasser und Nahrungskette führen. Und ob das Versprechen der Reduktion des Pestizideinsatzes durch Nano-Agrochemikalien eingehalten wird, ist angesichts der ähnlichen, bereits unerfüllten Prophezeiungen bezüglich der Nutzung gentechnisch veränderter Pflanzen durch dieselben Unternehmen äußerst fraglich.

Die britische Royal Society und die Royal Academy of Engineering haben dazu aufgerufen, die Freisetzung von Nanomaterialien in die Umwelt „so weit wie möglich zu vermeiden“ sowie die gezielte Freisetzung „zu verbieten, bis die benötigten wissenschaftlichen Untersuchungen durchgeführt wurden und belegt werden kann, dass die potentiellen Vorteile die möglichen Risiken überwiegen.“ (U.K. RS/RAE 2004). Diese Forderung sollte generell für alle Nano-Agrochemikalien gelten.

Unklare Risiken der Nano-Biotechnologie und synthetischen Biologie

Die Bedeutung der Verwendung von Nanopartikeln für die Gentechnik könnte vor allem darin liegen, dass mit ihrer Hilfe einige der bisherigen technischen Hürden überwunden werden (Zhang et al. 2006), und eine neue Generation gentechnisch veränderter Pflanzen in den Handel kommen könnte. Dadurch würde eine weitere Quelle für die bereits bekannten Umwelt Risiken von genetisch veränderten Pflanzen entstehen, z.B. die unkontrollierte genetische Verunreinigung verwandter Wild- und Kulturpflanzen (Ervin und Welsh 2003). Da synthetische Organismen künstlich erschaffen werden und damit bisher keine Erfahrungen bestehen, sind mögliche Risiken für die Umwelt nicht vorhersagbar. Sie könnten existierende Arten zerstören, ersetzen oder infizieren, oder auch ihr Umfeld dahingehend beeinflussen, dass ganze Ökosysteme in ihrer Funktionsweise beeinträchtigt würden oder ihre Freisetzung nicht mehr rückgängig zu machen ist (ETC Group 2007; Tucker und Zilinskas 2006).

Ein zentrales Problem der Forschungsarbeiten in der synthetischen Biologie scheint es zu sein, schnelle Mutationen in genetischen Kreisläufen zu verhindern. Die Freisetzung synthetischer Organismen in die Natur und die damit verbundene Möglichkeit unvorhersehbarer Mutationen ist daher sehr beunruhigend. Die weltweite Verunreinigung von Nahrung und lebensmittelverarbeitenden Prozessen mit gentechnisch verändertem Erbgut verdeutlicht die Schwierigkeiten bei der Vermeidung einer solchen Kontamination in einer Branche, die mit lebenden, fortpflanzungsfähigen Organismen arbeitet und in der Millionen von Menschen beschäftigt sind (Friends of the Earth International 2007). Obwohl es bisher noch nicht gelungen ist, fortpflanzungsfähige synthetische Organismen zu züchten, gibt es angesichts der zunehmenden Zahl an Forschungsaktivitäten und den damit verbundenen Investitionen, überzeugende Gründe zur Schaffung vorsorglicher strenger Regulierungen für diesen Forschungszweig.

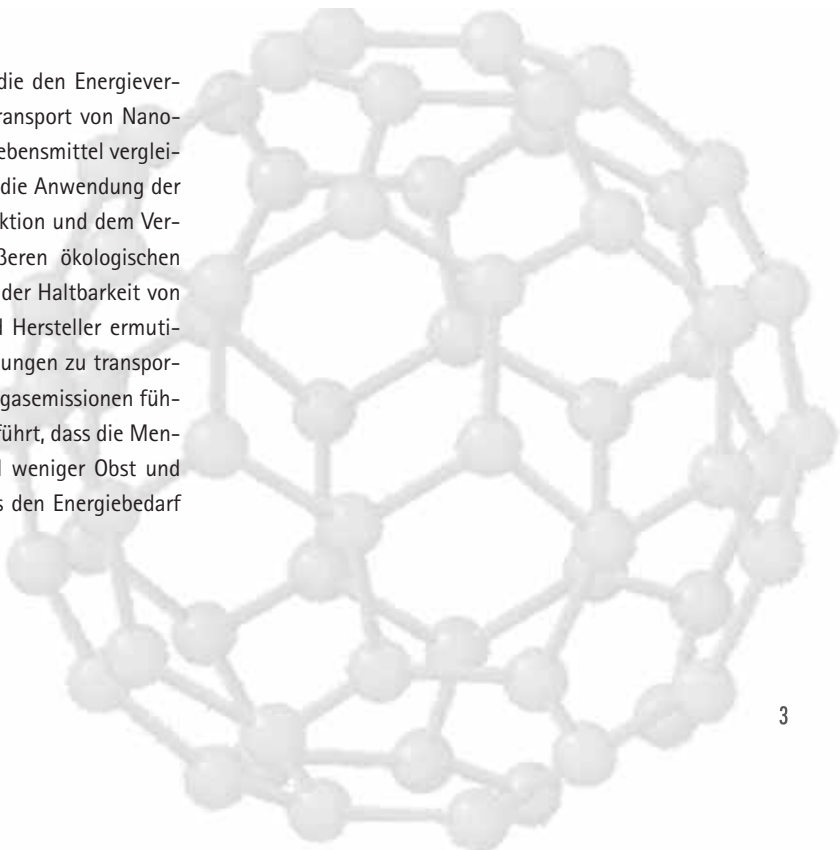
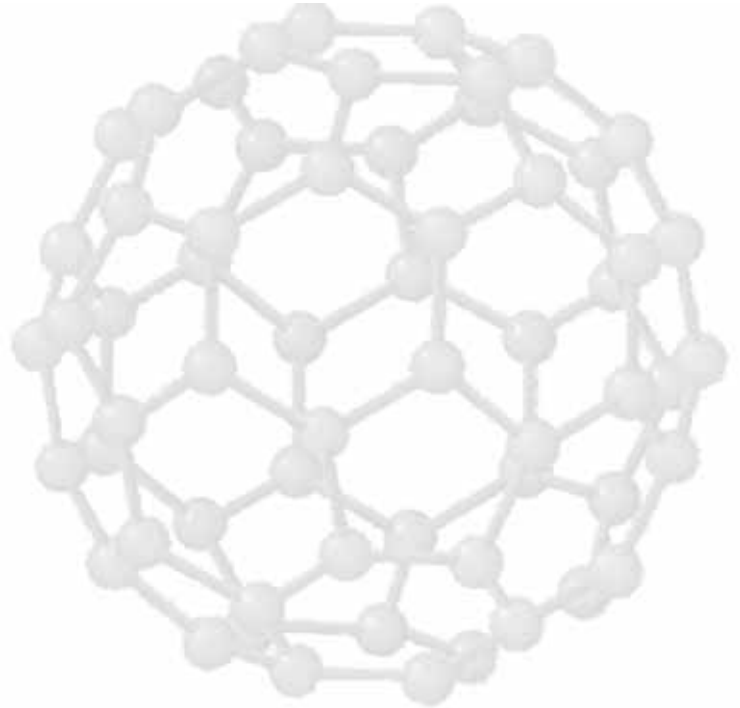


Weitergehende Umweltfolgen

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 (Hisano und Altoé 2002; Pimental et al. 2005). 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 als großer Gewinn für die Umwelt bewertet, denn diese machen ca. 20% der weltweiten Plastikproduktion aus (Technical University of Denmark 2007). Es gibt jedoch noch keine Untersuchungen über mögliche Umweltrisiken der eingesetzten Nano-Füllstoffe, wenn diese durch die Zersetzung der Biokunststoffe in die Umwelt gelangen. Und letztlich könnten Verpackungen mit Nano-Sensoren 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 Öko-Bilanzen, 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. Gesunde Ernährung und zukunftsfähige Landwirtschaft

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.

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 und Produkten aus fairem Handel: 2006 erreichte der weltweite Handel mit Biolebensmitteln fast 40 Milliarden US-Dollar (Organic Monitor 2006). Die Biobranche ist der am schnellsten wachsende Sektor des Lebensmittelmarktes. Mittlerweile werden in 120 Ländern Biolebensmittel gehandelt (FAO 2007b). Angesichts des Klimawandels entsteht zudem ein größeres Bewusstsein für regionale Produkte, da dadurch der klimaschädliche CO₂-Ausstoß durch Lebensmitteltransporte reduziert werden kann.

Demgegenüber wird die Nanotechnologie unsere Abhängigkeit von einer chemie- und energieintensiven Landwirtschaft noch vergrößern. Nano-Agrochemikalien und Nano-Sensoren 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 (FAO 2006): Während 300 Millionen Menschen als klinisch fettleibig

eingestuft werden (WHO 2003), leiden über 850 Millionen Menschen an extremem Hunger (FAO 2007a). Einer der Faktoren für die Ungerechtigkeit bei der weltweiten Lebensmittelverteilung ist, dass zwar 2,5 Milliarden Menschen von der Landwirtschaft leben müssen (Oxfam Australia ohne Datum), jedoch nur eine verschwindend geringe Anzahl internationaler Lebensmittelkonzerne den größten Teil des etwa 4 Billionen US-Dollar schweren 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 in den letzten Monaten zu steigenden Preisen bei einigen Lebensmitteln gekommen ist, 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 Altoé 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 verarbei-

teten 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.

Ernährungsvorteile durch frische und wenig verarbeitete Lebensmittel
Statt unsere Lebensmittel mit synthetischen Nanomaterialien anzureichern, um den Nährwert von Schokoriegeln, Speiseeis oder Limonaden zu erhöhen, sollten wir lieber ausreichend frisches, biologisch erzeugtes Obst und Gemüse essen. Die Vorteile einer solchen Ernährung sind offensichtlich: Die Universität Newcastle hat gemeinsam mit 33 weiteren europäischen Forschungseinrichtungen über vier Jahren eine Studie zum Nährwert von Lebensmitteln durchgeführt. So haben unverarbeitete frische Lebensmittel einen positiven Einfluss auf die Verfügbarkeit der in ihnen enthaltenen Nährstoffe für den menschlichen Organismus und können einen gezielten Einfluss auf den Insulinhaushalt und den Blutzuckerspiegel haben. Bei-

spielsweise greifen Sojaprodukte aus ganzen Sojabohnen wie Tofu oder Sojagetränke anders in Stoffwechsel

und Hormonhaushalt ein als Sojaprodukte, die aus isolierten Sojaproteinen hergestellt werden (Wahlqvist und Lee 2006). Auch zeigt das Ergebnis, dass der Nährwert biologisch angebaute Lebensmittel höher ist als bei konventionell angebaute Ware. Biolebensmittel haben eine größere Menge an Nährstoffen, die die Gesundheit fördern und Krankheiten entgegen wirken: Biogemüse enthält bis zu 40%, Biomilch sogar bis zu 90% mehr Antioxidantien als konventionell produzierte Ware (Times Online U.K. 2007).

Höhere Erträge durch ökologische Landwirtschaft

Die für Lebensmittel und Landwirtschaft zuständige Organisation der Vereinten Nationen beobachtet, dass es für die konventionelle Landwirtschaft heute „eindeutige Belege über die Abnahme von Getreideerträgen gibt, trotz der zunehmenden Verwendung von chemischen Pestiziden und Düngern“ (FAO 2007b).

Die ökologische Landwirtschaft bringt weltweit betrachtet deutliche ökologische und sozioökonomische Vorteile, bei gleichem oder höherem Ertrag als die konventionelle Landwirtschaft. In einer Studie wurden die Erträge in 293 Betrieben verglichen: In Industrieländern waren die Erträge vergleichbar, in Entwicklungsländern waren die Erträge der ökologisch bewirtschafteten Betrieben höher (Badgley et al. 2007). In den USA hat eine Studie über einen Zeitraum von 22 Jahren gezeigt, dass ökologische Betriebe gleiche Erträge bei einem 30% niedrigeren Erdöl- und Wasserbedarf produzieren. Gleichzeitig erhöhte sich der Anteil an organischem Material sowie der Stickstoffgehalt im Boden, die Artenvielfalt vergrößerte sich und der Boden war belastbarer und erodierte weniger (Pimental et al. 2005). In Brasilien haben regionale Initiativen für ökologische Landwirtschaft den Ertrag bis zu 50% gesteigert, den Landwirten höhere Einkommen beschert, die landwirtschaftliche Artenvielfalt erhöht und die heimische Wirtschaft belebt (Hisano und Altoé 2002). In Deutschland, wo in der konventionellen Landwirtschaft Arbeitsplätze abgebaut werden, sind in der Biolebensmittelbranche inzwischen über 150.000 neue Arbeitsplätze entstanden (Bizzari 2007).



9. Bestehende Gesetze gewähren keine Sicherheit

Viele Wissenschaftler fordern, dass alle Nano-Lebensmittel, Nano-Lebensmittelverpackungen und andere Nanomaterialien, die mit Lebensmitteln in Kontakt kommen, nanospezifische Sicherheitstests durchlaufen müssen, bevor sie in den Handel gelangen (IFST 2006; Lagaron et al. 2007; Sorrentino et al. 2007). Bereits 2004 hat die britische United Kingdom's Royal Society, die älteste wissenschaftliche Einrichtung der Welt, gemeinsam mit der Royal Academy for Engineering genaue Vorschläge für ein vorbeugendes Management der Gesundheitsrisiken von Nanomaterialien gemacht (U.K. RS/RAE 2004):

- „Wir empfehlen, dass Chemikalien in Form von Nanopartikeln oder Nanoröhrchen als neue Substanzen behandelt werden... für die Registrierung, Bewertung und Zulassung von Chemikalien (REACH).“
- „Wir empfehlen, dass Inhaltstoffe in Form von Nanopartikeln eine vollständige Sicherheitsbewertung der relevanten wissenschaftlichen Einrichtungen durchlaufen müssen, bevor sie für den Gebrauch in Produkten zugelassen werden...“
- „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.“
- „Wir empfehlen, dass auf der Zutatenliste von Verbraucherprodukten ausgewiesen wird, wenn synthetisches nanopartikuläres Material hinzugefügt wurde.“

Fast vier Jahre nach der Veröffentlichung gibt es aber noch immer keinerlei nanospezifische Regulierungen. Ist eine Substanz in ihrer Makro-Form zugelassen, so gelten auch ihre Nano-Formen als genehmigt und es wird nicht berücksichtigt, dass bekannte Substanzen in Nano-Form neue Eigenschaften und Risiken haben können. Weder die vorhandenen Methoden zur Messung einer Belastung noch diejenigen zur Ermittlung einer möglichen Toxizität sind brauchbar. Es gibt bisher weder neue Auflagen zur Sicherheitsprüfung oder zur Kennzeichnung von Lebensmitteln, noch neue Arbeitsschutzvorschriften oder Umweltschutzbestimmungen, und auch die für die Lebensmittelsicherheit zuständigen Behörden müssen nicht darüber informiert werden, ob Nanomaterialien eingesetzt werden.

Gesetzliche Regelungen in der Europäischen Union

In der Europäischen Union werden Lebensmittel und Verpackungen von Lebensmitteln größtenteils auf europäischer Ebene

reguliert. Nach Verabschiedung der Richtlinien oder Verordnungen werden diese in den Mitgliedsstaaten umgesetzt. Kein europäisches Gesetz berücksichtigt bisher die kritische Frage der Partikelgröße: Wenn ein Stoff in Makro-Form zugelassen ist, gibt es kein Gesetz, dass neue Sicherheitsbewertungen verlangt, bevor ein Partikel in Nano-Größe in Lebensmitteln oder in Verpackungen zum Einsatz kommen darf. In der Praxis bedeutet das, dass Nanomaterialien in Lebensmitteln und Verpackungen genutzt werden können, ohne dass neue gesetzliche Sicherheitsbewertungen gefordert werden.

Der allgemeingültige Artikel der **Lebensmittelverordnung** (EG) 178/2002 verlangt, dass alle Lebensmittel für den Konsum sicher sein müssen. Als ein übergeordneter Artikel sollte dieser auch für Nano-Lebensmittel gelten. Die Verordnung ermöglicht auch Maßnahmen zum Risikomanagement nach dem Vorsorgeprinzip (Art. 7) bei einem Risiko, d.h. „einer Funktion der Wahrscheinlichkeit einer die Gesundheit beeinträchtigenden Wirkung“ (Art. 3).

Die **Verordnung über neuartige Lebensmittel und neuartige Lebensmittelzutaten** ((EG) 258/97) 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, was eine bedeutende Veränderung der Zusammensetzung oder Struktur bewirkt hat, die sich auf den Nährwert, den Stoffwechsel oder auf die Menge unerwünschter Stoffe auswirkt. Am 14. Januar 2008 machte die EU-Kommission außerdem einen Vorschlag zur Ergänzung dieser Verordnung, die explizit als neue Produktionsprozesse auch „Nanotechnologie und Nanowissenschaft“ benennt. EU Ministerrat und Europäisches Parlament müssen diesem Vorschlag zustimmen, bevor er in Kraft treten kann. Die Verordnung verlangt die Zulassung aller Inhaltsstoffe und Produkte (Positivliste), bevor sie in den Handel gelangen, sowie Analysen durch die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA). Studien über Toxizität, Allergenität und Details über die Verarbeitung werden gegebenenfalls in die Bewertung einbezogen. Ein Problem dürfte aber auch bei der Anwendung dieser Verordnung auf Nanopartikel darin bestehen, dass noch keine Testverfahren entwickelt wurden, nach denen die Sicherheit mit hinreichend hoher Wahrscheinlichkeit festgestellt werden kann.

Die europäische **Richtlinie über Lebensmittel-Zusatzstoffe** (89/107/EWG) listet in einer Tabelle auf, welche Stoffe zugelassen sind, welche maximalen Mengen eingesetzt und bei welchen Lebensmitteln sie angewendet werden dürfen. Alle Zusatzstoffe werden von dem wissenschaftlichen Komitee, das die Europäische Kommission über die EFSA berät, einer Sicherheitsbewertung unterzogen. Immer dann, wenn Nanopartikel in Lebensmitteln für technische Zwecke eingesetzt werden, fallen sie grundsätzlich in den Anwendungsbereich dieser Richtlinie. Allerdings ist die minimale Partikelgröße lediglich für Zellulose vorgeschrieben. Die minimale Molekulargewichtsverteilung ist nur für das in Speiseeis verwendete Geliermittel und Verdickungsmittel Carrageen (E407) festgelegt. Die Größe ist bei allen anderen zugelassenen Substanzen nicht näher bestimmt.

Nahrungsergänzungsmittel sind durch die EU-Richtlinie 2002/46/EG geregelt, wobei insbesondere die zulässigen Mineralstoffe und Vitamine vorgegeben sind. Seit dem 1. Juli 2007 sind Werbeaussagen über Nahrungsergänzungsmittel zudem durch die **EU-Verordnung über Nährwert- und gesundheitsbezogene Angaben über Lebensmittel** (EG) 1924/2006 (EU-Parlament, 2007) geregelt. Nach dieser Verordnung müssen die Gesundheitsversprechen der Hersteller einer wissenschaftlichen Überprüfung standhalten können.

Die europäischen **Gesetze zur Kennzeichnung von Lebensmitteln** legen fest, dass Inhaltsstoffe in der Regel auf der Produktverpackung ausgewiesen sein müssen. In speziellen Fällen müssen auch die physikalischen Eigenschaften oder Behandlungen angegeben werden. In der Europäischen Union gibt es ein einheitliches Kennzeichnungssystem, das die sprachübergreifende Auszeichnung von Zusatzstoffen ermöglichen soll: die so genannten E-Nummern. Nicht gekennzeichnet werden müssen jedoch die so genannten Nichtzusatzstoffe, wie z.B. Rieselhilfen und andere Verarbeitungshilfen. Bisher muss auch nicht kenntlich gemacht werden, ob Nanomaterialien im Lebensmittel verwendet wurden. Das Institute of Food Science and Technology (IFST) schlägt vor, bei Zusatzstoffen auf Nano-Basis die E-Nummerierung um ein „n“ zu ergänzen (IFST 2006).

Die **EU-Verpackungsverordnung** ((EG) 1935/2004) deckt alle Materialien ab, die mit Lebensmitteln in Kontakt kommen: Ver-

packungen, Flaschen (Plastik und Glas), Besteck, Haushaltsgeräte und auch Klebstoffe und Druckerschwärze für Etiketten. Wie auch bei der Verordnung für neuartige Lebensmittel gibt es eine Positivliste mit zugelassenen Substanzen und eine Bewertung ihrer potentiellen Toxizität und Sicherheit. Interessanterweise wird der spezielle Fall von aktiven Verpackungen in einigen Punkten berücksichtigt. Es wird verlangt, dass aktive Verpackungen der Richtlinie über Lebensmittel-Zusatzstoffe entsprechen müssen. Die Verpackungsverordnung legt fest, welche Standards für das Entweichen von Chemikalien und anderen Inhaltsstoffen aus Lebensmittelverpackungen oder Küchengeräten und -utensilien gelten. Nanomaterialien werden allerdings nicht speziell berücksichtigt. Die Verordnung verlangt außerdem, dass alle Materialien rückverfolgbar sein müssen. Das Institute of Food Science and Technology vertritt die Auffassung, dass die Regelungen zur „Rückverfolgbarkeit“ einen speziellen Hinweis zu Nanopartikeln beinhalten und letztendlich den Zugang zu den relevanten Sicherheitsdossiers für diese Materialien ermöglichen sollten“ (IFST 2006).

In Pestiziden und Bioziden eingesetzte Wirkstoffe, die von den **EU-Pestizid-** (Richtlinie 91/414/EWG; Richtlinie 79/117/EWG; Verordnung (EG) 396/2005) **und EU-Biozid-Regelungen** (Richtlinie 98/8/EG, Richtlinie 76/769 EWG) erfasst werden, müssen vor dem Einsatz überprüft und zugelassen werden. 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 keine dieser Richtlinien Nanomaterialien.

Die neue europäische **Chemikalienverordnung REACH** ((EG) 1907/2006) schließt Lebensmittelzusatzstoffe, die meisten Lebensmittelverpackungen und Pestizidwirkstoffe explizit aus (EIAmin 2006b). Allerdings fällt der überwiegende Teil der sonstigen industriell verwendeten Chemikalien seit dem 1. Juni 2007 unter REACH. In der Praxis bedeutet dies jedoch nicht, dass Nano-Stoffe nun durch REACH angemessen reguliert werden. Zwar müssen alle Stoffe, die in einer Menge von über 1 Tonne pro Jahr und Hersteller produziert werden, auch unter der Angabe ihrer Verwendung registriert werden, womit prinzipiell auch ihr Einsatz in Nano-Form erfasst wird, allerdings nur, wenn sie zusammen mit ihrer Makro-Form diese Tonnagegrenze überschreiten. Für nanoskalige Formen von Altstoffen,

wie z.B. Titandioxid, Zinkoxid oder Siliziumdioxid, ist jedoch keine spezifische Vorgehensweise zur Prüfung und Bewertung vorgesehen. Zudem gäbe es ein praktisches Problem in der Umsetzung, denn es gibt bisher keine nanospezifischen Testverfahren, die die neuen Eigenschaften der Nano-Form berücksichtigen (Umweltbundesamt 2007). Deutlich wird ein Defizit z.B. auch bei den in Annex IV von REACH gelisteten Stoffe, für die aufgrund ihrer bekannten Ungefährlichkeit keine Sicherheitsdaten vorgelegt zu werden brauchen. Denn dieser Annex listet u.a. Kohlenstoff, der zwar in seinen bekannten Formen als Graphit und Diamant diesen Voraussetzungen entspricht, allerdings nicht in Form von Kohlenstoffnanoröhrchen (CNT) oder Kohlenstoffkugeln (Fullerene), die in der Natur nicht vorkommen und von denen bereits diverse wissenschaftliche Belege für gewisse Gefährdungspotentiale vorliegen. Der WWF hat daher beantragt, Kohlenstoff (CAS Nr. 7440-44-0) aus Anhang IV von REACH zu streichen. Der Danish Board of Technology hat 2006 außerdem vorgeschlagen, das europäische Chemikaliengesetz REACH so zu erweitern, dass die CAS-Nummerierung von Stoffen in Nano-Form mit einem Zusatz bei der Registrierung versehen werden sollten, der Informationen zur Partikelgröße enthält. Die CAS-Nummerierung „NP50“ würde z.B. bedeuten, dass der Stoff als Nanopartikel mit einer maximalen Ausdehnung von 50 nm vorliegt (Franco et al. 2007). Beim Treffen der EU Competent Authorities im Mai 2006 wurde dies jedoch abgelehnt.

Handlungsbedarf bei den europäischen Behörden

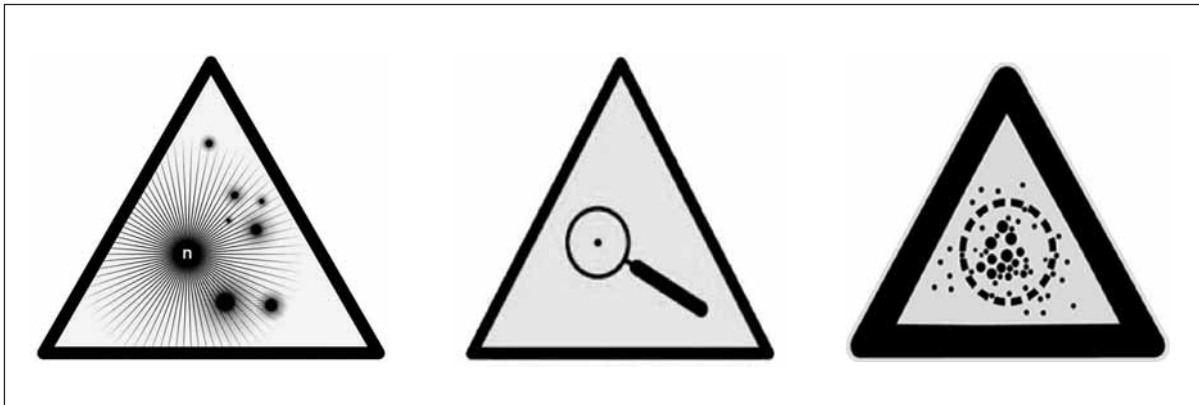
Der Ausschuss für Umweltfragen, Volksgesundheit und Lebensmittelsicherheit des Europäischen Parlaments (ENVI) hat im Juli 2007 anerkannt, dass die existierenden Standards für die Lebensmittelsicherheit nicht ausreichend sind, da sie die mit Nano-Lebensmitteln verbundenen neuen Risiken nicht erfassen. Aufgrund der unterschiedlichen Art der Toxizität von Nanomaterialien wird empfohlen, diese als Neustoffe zu betrachten: „die zugelassenen Obergrenzen für Zusätze in Form von Nanopartikeln sollten nicht die gleichen sein wie für traditionelle (makro) Formen“ (Halliday 2007b). Im Oktober 2007 verkündete die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) neue Methoden zur Risikoabschätzung von Nanopartikeln in Lebensmitteln zu entwickeln (ElAmin 2007g). Ein Ergebnis liegt noch nicht vor. Bisher wurde nur bekannt, dass die EFSA zwei Substanzen geprüft hat, die mit Lebensmitteln in Berührung kommen oder auch in Lebensmitteln enthalten sein

können: Siliziumdioxid wurde schon für Materialien, die mit Lebensmitteln in Kontakt kommen, zugelassen, Titanitrid wird noch geprüft (EAS 2007b). Im November 2007 kündigte die EFSA an, dass auf Grundlage von Informationen aus der Industrie eine Liste aller Lebensmittel und Getränke erstellt werden soll, bei denen nanotechnologische Verfahren verwendet wurden (EU Food Law 2007). Zudem wurde die EFSA von der Europäischen Union beauftragt, bis zum 31. März 2008 eine erste wissenschaftliche Position zu den potentiellen Risiken durch die Nutzung der Nanotechnologie im Lebensmittelbereich zu erstellen (EAS 2007a).

Nationale Bestimmungen zur Regulierung von Nanomaterialien

Neben der europäischen Gesetzgebung gibt es auf nationaler Ebene weitere gesetzliche Bestimmungen, in die die Regulierung von Nanomaterialien aufgenommen werden müssten. Bisher werden die spezifischen Eigenschaften von Nanomaterialien auch von diesen Gesetzen nicht abgedeckt.

Lebensmittel und Nahrungsergänzungsmittel fallen in Deutschland unter die Regelungen des **Lebensmittel-, Bedarfsgegenstände- und Futtermittelgesetzbuches** (LFGB). Dieses regelt auch die Lebensmittelzusatzstoffe (ergänzt durch die Zusatzstoff-Zulassungs- und -verkehrsverordnung). Auch die für Nahrungsergänzungsmittel erlaubten Inhaltsstoffe sind dort im Anhang 1 Nahrungsmittelergänzungsverordnung (NemV) aufgeführt. Das LFGB schreibt – ähnlich wie die EU-Lebensmittelverordnung (EG) 178/2002 – allgemein vor, dass nur sichere Lebensmittel verkauft werden dürfen. Es werden aber keine nanospezifischen Sicherheitstests vorgeschrieben. So sind beispielsweise in den Reinheitskriterien für die zugelassenen Zusatzstoffe Siliziumdioxid und Titandioxid keine Partikelgrößen festgelegt. Die Bundesregierung stellt dazu fest: „Lebensmittel, die nicht sicher sind, dürfen nicht in den Verkehr gebracht werden. Über die allgemeinen lebensmittelrechtlichen Vorschriften hinausgehende spezielle Regelungen für Lebensmittel, die natürliche nanoskalige Partikel enthalten oder die unter Einsatz der Nanotechnologie hergestellt worden sind, gibt es derzeit nicht“ (Deutscher Bundestag 2007). Obwohl die Bundesregierung z.Zt. im Rahmen des Nanodialogs über den verantwortungsvollen Umgang mit der Nanotechnologie mit Wirtschaft, Arbeitnehmern, sowie Umwelt- und Verbraucherverbänden diskutiert, sieht sie „gegenwärtig grund-



Beiträge aus dem Wettbewerb zur Kennzeichnung von Nanomaterialien der kanadischen zivilgesellschaftlichen Organisation ETC Group 2006

sätzlich keinen Veränderungsbedarf bei bestehenden Gesetzen und Verordnungen aufgrund nanotechnologischer Entwicklungen" (Deutscher Bundestag 2007). Dies ist unverständlich, denn die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), das Umweltbundesamt (UBA) und das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) formulieren in ihrer gemeinsamen Forschungsstrategie als Ziel, die Ergebnisse von stärker Maßnahmen-orientierter Forschung auch in das bestehende gesetzliche Regelwerk zu integrieren (BAuA et al. 2007). Derzeit ist es für Verbraucher nicht möglich zu erkennen, ob sich Nanomaterialien in einem Produkt befinden, da die **Lebensmittelkennzeichnungsverordnung** keine nanospezifische Deklaration vorsieht. Die Bundesregierung beschreibt die Rechtslage so: „Der Einsatz von Nanopartikeln ist bei Lebensmitteln nicht besonders zu kennzeichnen. Für die eingesetzten Zutaten gelten die einschlägigen Vorschriften für die Lebensmittelkennzeichnung“ (Deutscher Bundestag 2007).

Wenn **Verpackungen und Beschichtungen** mit Lebensmitteln oder Trinkwasser in Kontakt kommen, unterliegen die Inhaltsstoffe besonderen Regelungen. Ein besonderes Problem bei Verpackungen besteht darin, dass die Inhaltsstoffe in der Regel nicht zu 100% 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, die mit Trinkwasser oder Lebensmitteln in Kontakt kommen. Es

ist dringend notwendig, dass Nanopartikel beim Einsatz im Lebensmittelbereich entsprechend angepassten Anforderungen unterworfen werden.

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 durch die Herstellung, Verarbeitung und Nutzung (Verzehr, Lebensmittelverpackungen, Küchengerätenutzung, Oberflächenreinigung etc.) auch die Einleitung in Kläranlagen und Oberflächengewässer sowie die Abfallentsorgung eine große Rolle bei der Freisetzung von Nanomaterialien in die Umwelt. Allerdings kennen auch das deutsche **Wasserrecht** und das **Abfallrecht** weder nanospezifische Grenzwerte, noch nanospezifische Mess- und Analyseverfahren (Umweltbundesamt 2007).

Das deutsche **Pflanzenschutzgesetz** und das **Biozidgesetz** sehen bisher keine Richtlinien zur Testung und keine Vorgaben zur Identifizierung und Größe oder weiterer physiko-chemischer Eigenschaften vor. Nanomaterialien können somit in Pflanzenschutzmitteln und Bioziden verwendet werden.

10. Forderungen des BUND

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.

Forderungen an die Bundesregierung

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 werden auch dann einer nanospezifischen Regulierung unterworfen, 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 werden.

Langfristige Beteiligung der Öffentlichkeit sichern

Der Nanodialog der Bundesregierung, an dem neben Behörden auch Wissenschaftler, Wirtschaft, Arbeitnehmer sowie Umwelt- und Verbraucherschutzverbände teilnehmen, muss auch die Anwendung im Lebensmittelsektor und in der Landwirtschaft thematisieren und Empfehlungen zur gesetzlichen Regulierung erarbeiten. Die dort erarbeiteten Ergebnisse müssen verbindlich umgesetzt werden und die gemeinsame Arbeit dauerhaft, analog dem Konzept der Risikokommission, verfahrensmäßig und institutionell gebündelt weitergeführt werden.

Ausreichend Mittel zur Erforschung der Risiken bereitstellen

Die Fördermittel für die Erforschung der möglichen Risiken sind auf eine Höhe von ca. 10-15% 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

Verkauf einstellen

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 muss eingestellt werden, solange Risiken für die Gesundheit der Verbraucher und die Umwelt nicht hinreichend sicher ausgeschlossen werden können.

Transparenz schaffen

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

Wahlfreiheit des Kunden ermöglichen

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.

Was Verbraucher tun können

Bitten Sie die Politiker um konsequenten Schutz

Schreiben Sie an den Bundesminister für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz oder an die Verbraucherschutzminister in Ihrem Bundesland. Fordern Sie einen Stopp der Anwendung der Nanotechnologie im Lebensmittelsektor und der Landwirtschaft, solange keine ausreichenden Daten über die Sicherheit der Produkte vorliegen, keine nanospezifischen Regelungen in Kraft sind und keine Wahlfreiheit für Verbraucher gewährleistet ist. Verlangen Sie eine nanospezifische Sicherheits- und Risikobewertung der Produkte, bevor sie auf den Markt kommen und fordern Sie eine Kennzeichnung der Produkte.

Konfrontieren Sie die Industrie mit Ihrer Meinung

Wenden sie sich an Hersteller und Händler von Lebensmitteln, Küchenartikeln und Agrochemikalien. Machen Sie deutlich, dass Sie unter den derzeitigen Bedingungen Nano-Produkte in diesen Verwendungsbereichen ablehnen. Fordern Sie, dass Nano-Produkte eindeutig als solche gekennzeichnet werden.

Setzen Sie Ihre Marktmacht ein

- Entscheiden Sie sich nach Möglichkeit für ökologisch hergestellte und fair gehandelte Produkte. Diese sind in der Regel gesünder und umweltverträglicher und sichern gute Arbeitsbedingungen und angemessene Löhne auch für die ArbeitnehmerInnen in Entwicklungs- und Schwellenländern.
- Unterstützen Sie regionale Produzenten und Einzelhändler, werden Sie Mitglied in einer Genossenschaft oder nehmen Sie an Großeinkaufsprojekten teil. So können Sie dazu beitragen, energieintensive Transporte über lange Strecken zu vermeiden und das Klima zu schonen.
- Vermeiden Sie industriell verpackte und stark verarbeitete Lebensmittel. Frische Nahrungsmittel sind nicht nur „nano-frei“ und gesünder, sondern auch Ressourcen schonender, für ihre Erzeugung werden viel weniger Ressourcen aufgebracht als für stark verarbeitete Lebensmittel. Verpackungen sind energieintensiv in der Herstellung und verursachen unnötigen Abfall.

Literatur

- American Dietetic Association.** ohne Datum. Functional foods. Online verfügbar unter: http://www.eatright.org/cps/rde/xchg/ada/hs.xsl/advocacy_934_UNU_HTML.htm (eingesehen am 23. Januar 2007).
- Amyris Biotechnologies.** 2006. Synthetic biology. Online verfügbar unter: <http://www.amyrisbiotech.com/biology.html> (eingesehen am 30. September 07).
- Aquanova.** ohne Datum. NovaSOL® Crystal Clear Solutions – Overview. Online verfügbar unter: http://www.aquanova.de/media/public/pdf_produkte/Nova_SOL_OVERVIEW.pdf (eingesehen am 16. Januar 2008).
- Ashwood P, Thompson R, Powell J.** 2007. Fine particles that adsorb lipopolysaccharide via bridging calcium cations may mimic bacterial pathogenicity towards cells. *Exp Biol Med* 232(1):107–117.
- AzoNano.** 2003. Nanofibers To Be Used In Drug Delivery, Gene Therapy, Crop Engineering and Environmental Monitoring. Online verfügbar unter: <http://www.azonano.com/details.asp?ArticleID=114> (eingesehen am 24. Dez. 2007).
- AzoNano.** 2007. Advanced Nanotechnology gets grant for food packaging. *Nanotechnology News Archive.* Online verfügbar unter: <http://www.azonano.com/news.asp?newsID=3177> (eingesehen am 18. Januar 2008).
- Badgley C, Moghtader J, Quintero E, Zakem E, Chappell M, Aviles-Vazquez K, Salon A, Perfecto I.** 2007. Organic agriculture and the global food supply. *Renew Ag Food Systems* 22 (2):86–108.
- 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(5):1234–8.
- BASF.** 2005. SoluTM E 200 BG: Water soluble Vitamin E compound*. Products for the Dietary Supplement, Beverage and Food Industries – Technical Information August 2005. Online verfügbar unter: http://www.basf.cl/quimicafina/nutricionhumana/fichastecnicas/vitaminas/liposolubles/solu_e200_bg.pdf (eingesehen am 24. Dezember 2007).
- BASF.** ohne Datum. Lycopodium, Online verfügbar unter: <http://www.human-nutrition.basf.com>, (eingesehen am 24. Dezember 2007).
- Bath J, Turberfield A.** 2007. DNA nanomachines. *Nature Nanotechnology* 2:275–284
- BAuA (Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin), UBA (Umweltbundesamt), BfR (Bundesinstitut für Risikobewertung).** 2007. Nanotechnologie: Gesundheits- und Umweltrisiken von Nanomaterialien, Forschungsstrategie. Online verfügbar unter: http://www.baua.de/nn_47716/de/Themen-von-A-Z/Gefahrstoffe/Nanotechnologie/pdf/Forschungsstrategie.pdf, eingesehen am 5. März 2008
- Bayer.** ohne Datum. Securely wrapped: Nanoparticles make Durethan® films airtight and glossy. *Bayer Research* 15:34–37. Online verfügbar unter: http://www.research.bayer.com/edition_15/15_polyamides.pdf (eingesehen am 15/12/2007).
- Beane Freeman L, Bonner M, Blair A., Hoppin J, Sandler D, Lubin J, Dosemeci M, Lynch C, Knott C, Alavanja M.** 2005. Cancer Incidence among Male Pesticide Applicators in the Agricultural Health Study Cohort Exposed to Diazinon. *Am J Epidemiol* 162(11): 1070–1079.
- Bharali DJ, Klejbor, I; Stachowiak E.W.; Dutta P. Roy, I. Kaur N., Bergey E.J., Prasad P. N., and M. K. Stachowiak.** 2005. Organically modified silica nanoparticles: A nonviral vector for in vivo gene delivery and expression in the brain. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* 102:11539–11544.
- Bizzari K.** 2007. The EU's biotechnology strategy: mid-term review or mid-life crisis? A scoping study on how European agricultural biotechnology will fail the Lisbon objectives and on the socio-economic benefits of ecologically compatible farming. *Holder H and Oxborough C (Eds). Friends of the Earth Europe, Brussels.* Online verfügbar unter http://www.foeeurope.org/publications/2007/FoEE_biotech_MTR_midlifeecrisis_March07.pdf
- Boeing, N.** 2005. Kleinst-Container im Kaffee. *FTD*, 24.06.05.
- Boxhall A, Tiede K, Chaudhry Q.** 2007. Engineered nanomaterials in soils and water: how do they behave and could they pose a risk to human health? *Nanomedicine* 2(6):919–927.
- Braydich-Stolle L, Hussain S, Schlager J, Hofmann M.** 2005. In Vitro Cytotoxicity of Nanoparticles in Mammalian Germline Stem Cells. *Toxicol Sci* 88(2): 412–419.
- Brunner T, Piusmanser P, Spohn P, Grass R, Limbach L, Bruinink A, Stark W.** 2006. In Vitro Cytotoxicity of Oxide Nanoparticles: Comparison to Asbestos, Silica, and the Effect of Particle Solubility. *Environ Sci Technol* 40:4374–4381
- Bundesinstitut für Risikobewertung** 2005. Nutzen und Risiken von Vitaminen und Mineralstoffen in Lebensmitteln neu bewertet, Pressemitteilung vom 17.01.2005, Online verfügbar unter: <http://www.bfr.bund.de/cd/5959>, eingesehen am 1. März 2008
- Bundesinstitut für Risikobewertung** 2006. BfR-Verbraucherkonferenz zur Nanotechnologie in Lebensmitteln, Kosmetika und Textilien. Verbrauchervotum zur Nanotechnologie vom 20. November 2006. http://www.bfr.bund.de/cm/220/verbrauchervotum_zur_naotechnologie.pdf
- Bundesinstitut für Risikobewertung** 2007. Verbraucher stehen der Entwicklung der Nanotechnologie überwiegend positiv gegenüber – BfR-Studie zeigt jedoch auch, dass Nanopartikel in Lebensmitteln mehrheitlich abgelehnt werden. Presseerklärung vom 19.12.2007
- Chaudhry Q.,** 14. Januar 2008, Central Science Laboratory, York, United Kingdom, persönliche Mitteilung.
- Chen L, Remondetto G, Subirade M.** 2006a. Food protein-based materials as nutraceutical delivery systems. *Trends Food Sci Technol* 17:272–283.
- Chen Z, Meng H, Xing G, Chen C, Zhao Y, Jia G, Wang T, Yuan H, Ye C, Zhao F, Chai Z, Zhu C, Fang X, Ma B, Wan L.** 2006b. Acute toxicological effects of copper nanoparticles in vivo. *Toxicol Lett* 163:109–120.
- Chen M, von Mikecz A.** 2005. Formation of nucleoplasmic protein aggregates impairs nuclear function in response to SiO₂ nanoparticles. *Experiment Cell Res* 305:51–62.
- Cheng J, Flahaut E, Cheng S.** 2007. Effect of carbon nanotubes on developing zebrafish (*Danio rerio*) embryos. *Environ Toxicol Chem* 26(4):708–716.
- Cientifica.** 2006. Homepage. Online verfügbar unter: http://www.cientifica.eu/index.php?page=shop.browse&category_id=2&option=com_virtuemart&Itemid=80 (eingesehen am 15. Dezember 2007.)
- Clifford C.** 2007. Nanotechnology finds its way onto farms. *ABC Rural Western Australia.* 30. März 2007 Online verfügbar unter: <http://www.abc.net.au/rural/wa/content/2006/s1885825.htm> (eingesehen am 31. August 2007).
- Codon Devices.** 2007. Agriculture. Online verfügbar unter: <http://www.codon-devices.com/applications.aspx?id=112> (eingesehen am 30. September 2007).
- Daniells, S.** 2007. Thing big, think nano. *Food Navigator.com Europe* 19. Dezember 2007. Online verfügbar unter: <http://www.foodnavigator.com/news/ng.asp?n=82109> (eingesehen am 21. Dezember 2007).
- Daewoo News (2007)** Schwarze Spiegel bringen Glanz in die Küche. Neuer extravaganter Kühlschrank von Daewoo Electronics. *Daewoo News, www.daewoo-electronics.de*, (eingesehen am 17. Mai 2007)
- 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 (2): 587–597.
- Degussa.** ohne Datum a). Aerosil für die Lebensmittelindustrie, <http://www.aerosil.com/aerosil/de/industries/food/> (eingesehen am 20. 11. 2007).
- Degussa.** ohne Datum b). AdNano Zincoxide, [https://www.advancednanomaterials.com/webapps/adnano.nsf/download/9C09730E6DDE6BC7C12570F900510A5B/\\$File/pi%20adnano%20zinc%20oxide%2008%202006.pdf](https://www.advancednanomaterials.com/webapps/adnano.nsf/download/9C09730E6DDE6BC7C12570F900510A5B/$File/pi%20adnano%20zinc%20oxide%2008%202006.pdf) (eingesehen am 8. Februar 2008).
- De Jong A, Boumans H., Slaghek T., van Veen J., Rijk R., van Zandvoort M.** 2005. Advice and intelligent packaging for food: Is this the future? *Food Additives and Contaminants* 22 (10): 975–979

- del Nobile M., Cannarsi M., Altieri C., Sinigaglia M., Favia P., Lacoviello G., D'Agostino R. 2004. Effect of Ag-containing Nano-composite Active Packaging System on Survival of *Alicyclobacillus acidoterrestris*. *Journal of Food Science* 69(8):379.
- Desai M, Labhsetwar V, Amidon G, Levy R. 1996. Gastrointestinal uptake of microparticles: Effect of particle size. *Pharm Res* 13(12):1838-1845
- Deutscher Bundestag. 2007. Unterrichtung durch die Bundesregierung. Bericht der Bundesregierung zum Veränderungsbedarf des bestehenden Rechtsrahmens für Anwendungen der Nanotechnologie. Drucksache 16/63370.
- Donaldson K, Beswick P, Gilmour P. 1996. Free radical activity associated with the surface of particles: a unifying factor in determining biological activity? *Toxicol Lett* 88:293-298.
- Downs C. 2003. Excessive Vitamin A Consumption and Fractures: How Much is Too Much? *Nutrition Bytes*: 9(1). Online verfügbar unter: <http://repositories.cdlib.org/uclabiolchem/nutritionbytes/vol9/iss1/art1> (eingesehen am 16. Januar 2008).
- Dunford R, Salinaro A, Cai L, Serpone N, Horikoshi S, Hidaka H, Knowland J. 1997. Chemical oxidation and DNA damage catalysed by inorganic sunscreen ingredients. *FEBS Lett* 418:87-90
- DuPont. ohne Datum. DuPont Light Stabilizer 210, Online verfügbar unter: http://www2.dupont.com/Titanium_Technologies/en_US/dls_210_landing.html, Eingesehen am 03. März 2008
- EAS. 2007. EFSA to analyse food safety of nanotechnology. Online verfügbar unter: <http://www.eas.be/NewsItem.aspx?newsid=127> (eingesehen am 24. Dezember 2007).
- EFSA 2004. Opinion of the Scientific Panel on food additives, flavourings, processing aids and materials in contact with food (AFC) on Titanium dioxide. Question N° EFSA-Q-2004-103. Adopted date: 08/12/2004 Online verfügbar unter: http://www.efsa.europa.eu/EFSA/efsa_locale-1178620753812_1178620762898.htm (eingesehen am 24. Dezember 2007)
- ElAmin A. 2006a. Nano ink indicates safety breach in food packaging. *FoodNavigator.com* 14. November 2006. Online verfügbar unter: <http://www.foodnavigator.com/news/ng.asp?id=72022> (eingesehen am 23. Januar 2008).
- ElAmin A. 2006b. UK food sector examines impact of REACH. Online verfügbar unter: <http://www.foodproductiondaily.com/news/ng.asp?n=71537-reach-fdf-chemicals> (eingesehen am 23. Januar 2008).
- ElAmin A. 2007a. Nanoscale particles designed to block UV light. *FoodProductionDaily.com* Europe. 18. Oktober 2007. Online verfügbar unter: <http://foodproductiondaily.com/news/ng.asp?id=80676> (eingesehen am 30. Oktober 2007).
- ElAmin A. 2007b. Nano scale coating process developed for baking sector. *Food Production Daily* 28. Februar 2007. Online verfügbar unter: <http://www.foodproductiondaily.com/news/ng.asp?id=74584> (eingesehen am 24. Dezember 2007).
- ElAmin A. 2007c. Carbon nanotubes could be new pathogen weapon. *FoodProductionDaily.com* Europe 31. August 2007. Online verfügbar unter: <http://www.foodproductiondaily.com/news/ng.asp?id=79393-nanotechnology-pathogens-e-coli> (eingesehen am 26. November 2007).
- ElAmin A. 2007d. Polymer opal films shed light on spoiled foods. *PackWire.com* 24. Juli 2007. Online verfügbar unter: <http://www.packwire.com/news/ng.asp?n=78436-films-nanotechnology-colour> (eingesehen am 24. Dezember 2007).
- El Amin A. 2007e. Nanotechnology used in additive to keep PLA clear. *FoodProductionDaily.com* 19. Juli 2007 Online verfügbar unter: <http://www.foodproductiondaily-usa.com/news/ng.asp?n=78332-rohm-and-haas-pla-bioplastics> (eingesehen am 24. Dezember 2007).
- ElAmin A. 2007f. The evolution of the nanotech revolution. *FoodProductionDaily.com* 7. März 2007. Online verfügbar unter: <http://www.foodproductiondaily.com/news/ng.asp?id=74756> (eingesehen am 24. Dezember 2007).
- ElAmin, A. 2007g. EFSA assessing nanoparticles and cloned meat. Online verfügbar unter: <http://www.nutraingredients.com/news/ng.asp?id=80535> (eingesehen am 12. Oktober 2007).
- Ervin D and Welsh R. 2003. Environmental effects of genetically modified crops: differentiated risk assessment and management. Chapter 2a in J. Wesseler (Ed) "Environmental costs and benefits of transgenic crops in Europe: Implications for research, production, and consumption. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands
- ETC Group. 2004. Down on the Farm. Online verfügbar unter: <http://www.etcgroup.org> (eingesehen am 17/01/2008).
- ETC Group. 2007. Extreme genetic engineering: An introduction to synthetic biology. Online verfügbar unter: <http://www.etcgroup.org/upload/publication/602/01/synbioreportweb.pdf> (eingesehen am 17. Januar 2008).
- EU Food Law. 2007. EFSA in nano sweep. *Food Law Consultants*, 23.11.2007, 15.
- EU-Parliament and the Council of the European Union (2007) Regulation (EC) No 1924/2006 of the European Parliament and of the Council of 20. Dezember 2006 on nutrition and health claims made on foods. *OJEU*, L 404, 3-18.
- Fairvital. 2007. Gesundheitskatalog Sommer 2007
- FAO 2006. The state of food insecurity in the world (2006). FAO, Italy. Online verfügbar unter <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/009/a0750e/a0750e00.pdf> (eingesehen am 17. Januar 2008).
- FAO. 2007a. Achieving the right to food – the human rights challenge of the twenty-first century. *World Food Day* 16. Oktober 2007. Online verfügbar unter: <http://www.fao.org/fileadmin/templates/wfd2007/pdf/WFDLeaflet2007E.pdf> (eingesehen am 17. Januar 2008).
- FAO 2007b. International conference on organic agriculture and food security 3-5. Mai 2007. FAO Italy. Online verfügbar unter: <ftp://ftp.fao.org/paia/organicag/jofs/OFS-2007-5.pdf> (eingesehen am 24. Dezember 2007).
- Foladori G, Invernizzi N. 2007. Agriculture and food workers question nanotechnologies. The IUF resolution. Online verfügbar unter: <http://www.estudios-deldesarrollo.net/relans/documentos/UITA-English-1.pdf> (eingesehen am 17. Januar 2008).
- Fleischwirtschaft. 2006. Online verfügbar unter: http://www.aquanova.de/media/public/publikationen2006/Fleischwirtschaft_ProfWeber_NovaSQL_060502.pdf (eingesehen am 24. Dezember 2007).
- FoodQualityNews.com. 2005. CNI ushers in future with 30 nanotech patents. Online verfügbar unter: <http://www.foodqualitynews.com/news/ng.asp?id=58288-cni-ushers-in> (eingesehen am 26. November 2007).
- FoodProductionDaily.com 2006a. Biosensor uses nanotechnology to spot the right smell. *FoodProductionDaily.com* 19.05.2006. Online verfügbar unter: <http://www.foodproductiondaily.com/news/ng.asp?id=67830> (eingesehen am 24. Dezember 2007).
- FoodProductionDaily.com 2006b. UK food regulator finds 'gaps' in regulating nanotechnology. *FoodProductionDaily.com* 12.05.2006. Online verfügbar unter: <http://www.foodnavigator.com/news/ng.asp?id=67935> (eingesehen am 10. August 2008).
- Franz R. 2005. Migration modelling from food-contact plastics into food-stuffs as a new tool for consumer exposure estimation. *Food Additives and Contaminants* 22(10): 920-937.
- Franco, A., Hansen, S.F., Olsen, S.I., Butti, L. (2007) Limits and prospects of the "incremental approach" and the European legislation on the management of risks related to nanomaterials. *Reg. Toxicol. Pharmacol.* 48: 171-183
- Friends of the Earth International. 2007. Who benefits from GM crops? An analysis of the global performance of GM crops (1996-2006). Executive summary, Januar 2007. FoEI, Amsterdam. Online verfügbar unter: <http://www.foei.org>
- Gander P. 2007. The smart money is on intelligent design. *Food Manufacture* UK 1. Februar 2007. Online verfügbar unter: http://www.foodmanufacture.co.uk/news/fullstory.php/aid/4282/The_smart_money_is_on_intelligent_design.html (eingesehen am 17. Januar 2008).
- Garnett M, Kallinteri P. 2006. Nanomedicines and nanotoxicology: some physiological principles. *Occup Med* 56:307-311.

- Gatti A. ohne Datum. "Nanopathology : a new vision of the interaction environment-human life". Online verfügbar unter: http://ec.europa.eu/research/quality-of-life/ka4/pdf/report_nanopathology_en.pdf (eingesehen am 11. September 2007).
- Gatti A., 19. September 2007, Laboratory of Biomaterials, University of Modena, Italy, persönliche Mitteilung.
- Gatti A. 2004. Biocompatibility of micro- and nano-particles in the colon. Part II. *Biomaterials* 25:385-392.
- Gatti A, Rivasi F. 2002. Biocompatibility of micro- and nanoparticles. Part I: in liver and kidney. *Biomaterials* 23:2381-2387
- 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.
- Gatti A, Tossini D, Gambarelli A, Montanari S, Capitani F., ohne Datum, Investigation on presence of inorganic micro- and nanosized contaminants in bread and biscuits by Environmental Scanning Electron Microscopy. Veröffentlichung erfolgt.
- Geiser, M., Rothen-Rutishauser, B., Kapp, N., Schurch, S., Kreyling, 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.
- Geohumus, 2007. Gebrauchsanweisung Geohumus. Online verfügbar unter: http://www.geohumus.com/download/gba_dt_260607.pdf (eingesehen am 3. März 2008)
- Green J, Beestman G. 2007. Recently patented and commercialized formulation and adjuvant technology. *Crop Protect* 26:320-327
- 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 (3): 217-229
- Halliday J. 2007a. Zymes solubilizes omega-3 using Ubisol-Aqua. *Nutra Ingredients.com USA* 15. März 2007. Online verfügbar unter: <http://www.nutraingredients-usa.com/news/ng.asp?id=75018> (eingesehen am 24. Dezember 2007).
- Halliday J. 2007b. EU Parliament votes for tougher additives regulation. *FoodNavigator.com* 12.07.2007. Online verfügbar unter: <http://www.foodnavigator.com/news/ng.asp?n=78139-additives-regulation-enzymes-flavourings> (eingesehen am 10. August 2007).
- Hanazato T. 2001. Pesticide effects on freshwater zooplankton: An ecological perspective. *Environ Pollution* 112:1-10
- He X, Wang K, Li D, Tan W, He C, Huang S, Liu B, Lin X, Chen X. 2003. A novel DNA-enrichment technology based on amino-modified functionalized silica nanoparticles. *J. Disper. Sci. Technol.* 24: 633-640
- Helmut Kaiser Consultancy Group. 2007a. Nanopackaging Is Intelligent, Smart And Safe Life. *New World Study By Hkc22.com/beijingOffice*. Press Release 14.05.07 Online verfügbar unter <http://www.prlog.org/10016688-nanopackaging-is-intelligent-smart-and-safe-life-new-world-study-by-hkc22-com-beijing-office.pdf> (eingesehen am 17. Januar 2008).
- Helmut Kaiser Consultancy Group. 2007b. Strong increase in nanofood and molecular food markets in 2007 worldwide. Online verfügbar unter: <http://www.hkc22.com/Nanofoodconference.html> (eingesehen am 17. Januar 2008).
- Henkel. ohne Datum. Sidolin, http://www.henkel.de/cps/rde/xchg/SID-OAC83309-318287A4/henkel_de/hs.xsl/4107_DED_HTML.htm?countryCode=de&BU=uw&parentredDotUID=0000000GH0&redDotUID=0000000GH0&brand=00000001S6 (eingesehen am 5. Februar 2007)
- Hillyer J, Albrecht R. 2001. Gastrointestinal persorption and tissue distribution of differently sized colloidal gold nanoparticles. *J Pharm Sci* 90(12):1927-1936.
- Hisano S, Altoé S. 2002. Brazilian farmers at a crossroad: Biotech industrialization of agriculture or new alternatives for family farmers? Paper presented at CEISAL 3-6. July 2002, Amsterdam. Online verfügbar unter: <http://www.agroeco.org/brasil/material/hisano.pdf> (eingesehen am 17. Januar 2008).
- Hoet P, Bruske-Holfeld I, Salata O. 2004. Nanoparticles – known and unknown health risks. *J Nanobiotechnology* 2:12.
- Hund-Rinke K, Simon M. 2006. Ecotoxic effect of photocatalytic active nanoparticles (TiO2) on algae and daphnids. *Environ Sci Poll Res* 13(4):225-232.
- Hussain S, Hess K, Gearhart J, Geiss K, Schlager J. 2005. In vitro toxicity of nanoparticles in BRL 3A rat liver cells. *Toxicol In Vitro* 19:975-983.
- Hussain S, Javorina A, Schrand A, Duhart H, Ali S, Schlager J. 2006. The interaction of manganese nanoparticles with PC-12 cells induces dopamine depletion. *Toxicol Sci* 92(2):456-46.
- IFST 2006. Information Statement: Nanotechnology. Institute of Food Science & Technology Trust Fund, London. Online verfügbar unter: <http://www.ifst.org/uploadedfiles/cms/store/ATTACHMENTS/Nanotechnology.pdf> (eingesehen am 15. Januar 2008).
- IGB (Fraunhofer Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik). 2007. In diesen Verpackungen bleibt nichts hängen. Online verfügbar unter: http://www.igb.fhg.de/www/Presse/Jahr/2007/dt/PL_Verpackungen.html (eingesehen am 2. März 2008).
- Innovest. 2006. Nanotechnology: Non-traditional Methods for Valuation of Nanotechnology Producers. Innovest, Strategic Value Advisers.
- Invest Australia. 2007. Nanotechnology: Australian Capability Report, Third Edition. Commonwealth of Australia, Canberra. Online verfügbar unter: <http://www.investaustralia.gov.au/media/NANOREPORT07.pdf> (eingesehen am 17. Januar 2008).
- IVV (Fraunhofer Institut Verfahrenstechnik und Verpackung). Jahresbericht 2006/2007. Online verfügbar unter: http://www.ivv.fhg.de/no_html/jahresbericht_2006_2007_deutsch.pdf (eingesehen am 3. März 2008)
- Joseph T and Morrison M. 2006. Nanotechnology in Agriculture and Food. *Nanoforum Report*. Online verfügbar unter: <http://www.nanoforum.org/dateien/temp/nanotechnology%20in%20agriculture%20and%20food.pdf?08122006200524> (eingesehen am 17. Januar 2008)
- Just-Food.com. ohne Datum. Online verfügbar unter: <http://www.just-food.com/store/product.aspx?ID=44028> (eingesehen am 24. Januar 2008).
- La Via Campesina, Federasi Serikat Petani Indonesia. 2006. Rice and food sovereignty in Asia Pacific. *La Via Campesina, Jakarta*. Online verfügbar unter: http://viacampesina.org/main_en/images/stories/2006_07_13_Rice_and_Food_Sovereignty_in_Asia_Pacific.pdf (eingesehen am 17. Januar 2008).
- LaCoste A, Schaich K, Zumbrunnen D, Yam K. 2005. Advanced controlled release packaging through smart blending. *Packag Technol Sci* 18:77-87.
- Lagarón J, Cabedo L, Cava D, Feijoo J, Gavara R, Gimenez E. 2005. Improved packaging food quality and safety. Part 2: Nano-composites. *Food Additives and Contaminants* 22(10):994-998.
- Lang T, Rayner G. 2001. Why Health is the Key to the Future of Food and Farming. A Report on the Future of Farming and Food. Online verfügbar unter: <http://www.agobservatory.org/library.cfm?refID=30300> (eingesehen am 1. Oktober 2007).
- Lartigue C, Glass J, Alperovich N, Pieper N, Parmar P, Hutchison C III, Smith C, Venter J. 2007. Genome Transplantation in Bacteria: Changing One Species to Another. *Sci* 317(5838):632 – 638.
- LeGood P, Clarke A. 2006. Smart and active materials to reduce food waste. *SMART.mat*. Online verfügbar unter: http://amf.globalwatchonline.com/epicentric_portal/binary/com.epicentric.contentmanagement.servlet.ContentDeliveryServlet/AMF/smartmat/Smartandactivepackagingtoreducefoodwaste.pdf (eingesehen am 17. Januar 2008).
- 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(4):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.

- Lomer M, Harvey R, Evans S, Thompson R, Powell P. 2001. Efficacy and tolerability of a low microparticle diet in a double blind, randomized, pilot study in Crohn's disease. *Eur J Gastroenterol Hepatol* 13:101-106.
- Long T, Saleh N, Tilton R, Lowry G, Veronesi B. 2006. Titanium dioxide (P25) produces reactive oxygen species in immortalized brain microglia (BV2): Implications for nanoparticle neurotoxicity. *Environ Sci Technol* 40(14):4346-4352.
- Lopez-Rubio A, Gavara R, Lagaron J. 2006. Bioactive packaging: turning foods into healthier foods through biomaterials. *Trends Food Sci Technol* 17:567-575
- Lovern B, Klaper R. 2006. Daphnia magna mortality when exposed to titanium dioxide and fullerene (c60) nanoparticles. *Environ Toxicol Chem* 25(4):1132-1137.
- Lucarelli M, Gatti A, Savarino G, Quattroni P, Martinelli L, Monari E, Borschi D. 2004. Innate defence functions of macrophages can be biased by nano-sized ceramic and metallic particles. *Eur Cytok Net* 15(4):339-346.
- Luo J. 2007. Toxicity and bioaccumulation of nanomaterial in aquatic species. J U.S. Stockholm Junior Water Prize. doi: 10.2175/SJWP(2007)1:01
- Margaritella. ohne Datum a. Nano Vapor, http://www.margaritella.com/product_info.php/info/p579_Nano-Vapor.html (eingesehen am 5. Februar 2007).
- Margaritella. ohne Datum b. nanoX9, http://www.margaritella.com/product_info.php/info/p538_nanoX9.html (eingesehen am 5. Februar 2007).
- Magrez A, Kasa S, Salicio V, Pasquier N, Won Seo J, Celio M, Catsicas S, Schwaller B, Forro L. 2006. Cellular toxicity of carbon-based nanomaterials. *Nano Lett* 6(6):1121-1125.
- Maynard A, Kuempel E. 2005. Airborne nanostructured particles and occupational health. *J Nanopart Res* 7:587-614.
- Maynard A. 2006. Nanotechnology: Assessing the risks. *Nanotoday* 1(2):22-33
- Mega Nano. ohne Datum. Mega Nano Produkte, http://www.meganano.de/index.php?option=com_content&task=view&id=4&Itemid=8 (eingesehen am 5. Februar 2007).
- Melhus A. 2007. Silver threatens the use of antibiotics. Unpublished manuscript, received by email 30. Januar 2007
- 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).
- Moore M. 2006. Do nanoparticles present ecotoxicological risks for the health of the aquatic environment. *Environ Internat* 32: 967-976.
- Mozafari M, Flanagan J, Matia-Merino L, Awati A, Omri A, Suntries Z, Singh H. 2006. Recent trends in the lipid-based nanoencapsulation of antioxidants and their role in foods. *J Sci Food Ag* 86:2038-2045.
- Nachay K. 2007. Analyzing Nanotechnology. *Food Technol*, Januar 2007:34-36.
- Nanologue.net (2005). Appendix to the Nanologue Background Paper on selected nanotechnology applications and their ethical, legal and social implications. Nanologue.net. Online verfügbar unter: <http://www.nanologue.net/custom/user/Downloads/NanologueBackgroundPaperAppendix.pdf> (eingesehen am 17/01/2007)
- Nanopool. 2007. Nanopool veredelt Mc Donalds Restaurant, Pressemitteilung vom 10. September 2007, <http://www.nanopool.de/presse/mcdonalds.pdf> (eingesehen am 5. Februar 2007).
- Nanotechnology Victoria. ohne Datum. NanoParticle Diagnostics. Online verfügbar unter: <http://www.nanovic.com.au/?a=investments.nanoparticle%20diagnostics&tp=133> (eingesehen am 31. August 2007).
- Nanowerk. 2007. Nanotechnology solutions for the packaging waste problem. 27. April 2007. Online verfügbar unter: http://www.nanowerk.com/news/new_sid=1852.php (eingesehen am 24. Dezember 2007).
- Nel A, Xia T, Li N. 2006. Toxic potential of materials at the nanolevel. *Science* 311:622-627.
- Nu Mega. 2007. Persönliche Kommunikation mit einem Unternehmensvertreter, November 2007
- Oberdörster G, Oberdörster E, Oberdörster J. 2005 a. 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 b. Principles for characterising the potential human health effects from exposure to nanomaterials: elements of a screening strategy. *Particle Fibre Toxicol* 2:8.
- Oil Fresh. ohne Datum. OilFresh® 1000, Catalytic Device for longer oil usage...: <http://www.oilfresh.com/of1000.html> (eingesehen am 5. Februar 2007)
- Opata L. 2004. Emerging technological innovation triad for agriculture in the 21st century. Part 1. Prospects and impacts of nanotechnology in agriculture. *Ag Engineering Internat: CIGR J Ag Engineering Internat* Vol 6.
- Organic Monitor. 2006. Global Sales of Organic Food & Drink Approaching \$40 billion. Online verfügbar unter: <http://www.organicmonitor.com/700240.htm> (eingesehen am 8. August 2007).
- Oxfam Australia. ohne Datum. Agriculture in crisis. Online verfügbar unter <http://www.oxfam.org.au/campaigns/fair-trade/> (eingesehen am 17. Januar 2007).
- Pakistan-U.S. Science and Technology Cooperative Program. 2006. Development, Optimization, and Application of a High-Performing Engineered Fertilizer. Project Summary from Grant Proposal. Online verfügbar unter: http://www7.nationalacademies.org/dsc/USDA_NIFA_2006.html (eingesehen am 23. August 2007).
- Parry V. 2006. Food fight on a tiny scale. *The Times Online UK*, 21. Oktober 2006. Online verfügbar unter: http://www.timesonline.co.uk/tol/life_and_style/health/features/article606574.ece (eingesehen am 17. Januar 2008).
- Pehanch M. 2006. Small gains in processing, packaging. *FoodProcessing.com*. Online verfügbar unter: <http://www.foodprocessing.com/articles/2006/228.html> (eingesehen am 8. August 2007).
- Petrelli G, Figà-Talamanca I, Tropeano R, Tangucci M, Cini C, Aquilani S, Gasperini L, Meli P. 2000. Reproductive male-mediated risk: Spontaneous abortion among wives of pesticide applicators. *Eur J Epidemiol* 16: 391-393.
- Philpott T. 2006. The 2007 Farm – and Food – Bill. *Food First/ Institute for Food and Development*
- Pimental D, Hepperly P, Hanson J, Douds D, Seidel R. 2005. Environmental, energetic and economic comparisons of organic and conventional farming systems. *Bioscience* 55(7):573-582.
- PIRA International data cited in Louvier D. 2006. Nanotechnology & Packaging: Overview. SFN Technology Meeting Bern University of Applied Sciences – Swiss College of Agriculture Tuesday 12. Dezember 2006.
- Powell J, Harvey R, Ashwood P, Wolstencroft R, Gershwin M, Thompson R. 2000. Immune potentiation of ultrafine dietary particles in normal subjects and patients with inflammatory bowel disease. *J Autoimmun* 14:99-105.
- Project on Emerging Nanotechnologies. ohne Datum. Consumer Products Inventory. Online verfügbar unter: <http://www.nanotechproject.com/44> (eingesehen am 8. August 2007).
- pSivida. 2005. pSivida launches pSiNutria in the Food Industry: Applications in food quality, safety, authentication and detection of bio terrorism. ASX/ Media Release 1. Dezember 2005. Online verfügbar unter: <http://www.psvida.com/News/download/ASX/ASX%20Release-pSiNutria%20Dec%202005.pdf> (eingesehen am 17. Januar 2008).
- Radu D, Lai C, Jeftinija K, Rowe E, Jeftinija S, Lin V. 2004. A polyamidoamine dendrimer-capped mesoporous silica nanosphere-based gene transfection reagent. *J Am Chem Soc* 126:13216-13217.
- Raj M. 2006. Project to develop nano herbicides. *TheHindu.com* 21. August 2006. Online verfügbar unter: <http://www.hindu.com/2006/08/21/stories/2006082108960100.htm> (eingesehen am 23. August 2007).

- Relyea R and Hoverman J. 2006. Assessing the ecology in ecotoxicology: a review and synthesis in freshwater systems. *Ecol Lett* 9: 1157–1171.
- Renton A. 2006. Welcome to the world of nanofoods. *Guardian Unlimited UK* 13. Dezember 2006. Online verfügbar unter: <http://observer.guardian.co.uk/foodmonthly/futureoffood/story/0,,1971266,00.html> (eingesehen am 17/01/2007)
- Reynolds G. 2007. FDA recommends nanotechnology research, but not labeling. *FoodProductionDaily.com, News*, 26. Juli 2007. Online verfügbar unter <http://www.foodproductiondaily-usa.com/news/ng.asp?n=78574-woodrow-wilson-nanotechnology-hazardous> (eingesehen am 24. Januar 2008).
- Roach S. 2006. Most companies will have to wait years for nanotech's benefits. *Foodproductiondaily.com* 21. August 2006. Online verfügbar unter: <http://www.foodproductiondaily.com/news/ng.asp?id=69974> (eingesehen am 17. Januar 2008).
- Roberts R. 2007. The role of nanotechnology in brand protection. *Packaging Digest* Januar 2007. Online verfügbar unter: <http://www.packagingdigest.com/articles/200701/34.php> (eingesehen am 8. August 2007).
- Roco M. 2001. From vision to the implementation of the US National Nanotechnology Initiative. *J Nanoparticle Research* 3:5–11.
- 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(1):155–160.
- Roy I, Ohulchanskyy T, Bharali D, Pudavar H, Mistretta R, Kaur N, Prasad P. 2005. Optical tracking of organically modified silica nanoparticles as DNA carriers: A nonviral, nanomedicine approach for gene delivery. *Proc Nat Acad Sci USA* 102:279–284.
- Ryman-Rasmussen J, Riviere J, Monteiro-Riviere N. 2006. Penetration of intact skin by quantum dots with diverse physicochemical properties. *Toxicol Sci* 91(1):159–165.
- Samsung. ohne Datum. Datenblatt für das Kühlschranksmodell RS-21WANS. Online verfügbar unter: http://hausgeraete.samsung.de/produkte/detail2_downloads.aspx?guid=a4dd5756-c1a0-4cb3-840d-ac5c61c0911d&dltyp=datenblatt&ttab=info (eingesehen am 3. März 2008)
- Sanguansri P, Augustin M. 2006. Nanoscale materials development – a food industry perspective. *Trends Food Sci Technol* 17:547–556.
- 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(1):174–185.
- Scenta 2007. High tech, non-stick nano packing. Online verfügbar unter: <http://www.scenta.co.uk/Health/1704070/hi-tech-non-stick-nano-packing.htm> (eingesehen am 24. Dezember 2007).
- Schneider J. 2007. Can microparticles contribute to inflammatory bowel disease: Innocuous or inflammatory? *Exp Biol Med* 232:1–2.
- 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(2). Online verfügbar unter: [http://www.csafe.org.nz/jjsaf/archive/vol15\(2\)-07/articles/2%20-%20Scrinis-Lyons.pdf](http://www.csafe.org.nz/jjsaf/archive/vol15(2)-07/articles/2%20-%20Scrinis-Lyons.pdf) (eingesehen am 15. Februar 2008)
- Senjen R. 2007. Nano silver – a threat to soil, water and human health? *Friends of the Earth Australia* März 2007. Online verfügbar unter: <http://nano.foe.org.au/node/189> (eingesehen am 17. Januar 2008).
- Shelke K. 2005. Hidden ingredients take cover in a capsule. Online verfügbar unter: <http://www.foodprocessing.com/articles/2005/421.html> (eingesehen am 17. Januar 2008).
- Shelke K. 2006. Tiny, invisible ingredients. *Food Processing.com*. Online verfügbar unter: <http://www.foodprocessing.com/articles/2006/227.html> (eingesehen am 8. August 2007).
- Shelke, K. 2007. Cheers! Beverages for Health. *FoodProcessing.com* Online verfügbar unter: <http://www.foodprocessing.com/articles/2007/082.html?page=1> (eingesehen am 30. September 2007).
- Sorrentino A, Gorraasi G, Vittoria V. 2007. Potential perspectives of bio-nano-composites for food packaging applications. *Trends Food Sci Technol* 18:84–95.
- Syngenta. ohne Datum. Primo MAXX Plant Growth Regulator. Online verfügbar unter: <http://www.syngentapp.com/prodrender/index.asp?nav=CHEMISTRY&ProdID=747> (eingesehen am 24. Dezember 2007).
- Syngenta. 2004. Syngenta Introduces a New Liquid Formulation of Heritage (TM) Fungicide, Media Release 7. September 2004. Online verfügbar unter: http://www.syngentaprofessionalproducts.com/media/article.asp?article_id=505 (eingesehen am 24. Dezember 2007).
- Technical University of Denmark. 2007. Bioplastic developed into food packaging through nanotechnology. *News* 23. März 2007. Online verfügbar unter: http://risoe-staged.risoe.dk/News_archives/News/2007/0322_bioplast.aspx (eingesehen am 17. Januar 2008).
- Templeton P, Ferguson P, Washburn K, Scrivens W, Chandler G. 2006. Life-Cycle Effects of Single-Walled Carbon Nanotubes (SWNTs) on an Estuarine Meiobenthic Copepod. *Environ Sci Technol* 40:7387–7393.
- Throckab 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(2):189–194.
- Times Online UK. 2007. Official: Organic really is better. *Times Online* 28. Oktober 2007. Online verfügbar unter: <http://www.timesonline.co.uk/tol/news/uk/health/article2753446.ece> (eingesehen am 9. November 2007).
- 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.
- Toddler Health. ohne Datum. Online verfügbar unter: <http://www.toddlerhealth.net/overview.php> (eingesehen am 24. Dezember 2007).
- Torney F, Trewyn B, Lin V, Wang K. 2007. Mesoporous silica nanoparticles deliver DNA and chemicals into plants. *Nature Nanotechnol* 2:295–300.
- Tran C, Donaldson K, Stones V, Fernandez T, Ford A, Christofi N, Ayres J, Steiner M, Hurley J, Aitken R, Seaton A. 2005. A scoping study to identify hazard data needs for addressing the risks presented by nanoparticles and nanotubes. *Research Report*. Institute of Occupational Medicine, Edinburgh.
- Tucker J, Zilinskas R. 2006. The promise and the peril of synthetic biology. *New Atlantis* 12: 25–45.
- U.K. DEFRA. 2006. UK Voluntary Reporting Scheme for engineered nanoscale materials. September 2006. Chemicals and Nanotechnologies Division
- U.K. HSE (2004). Nanoparticles: An occupational hygiene review. Online verfügbar unter <http://www.hse.gov.uk/research/rrpdf/rr274.pdf> (eingesehen am 17/01/2008).
- U.K. FSA. 2006. A03063: Assessment of current and projected applications of nanotechnology for food contact materials in relation to consumer safety and regulatory implications. Online verfügbar unter: <http://www.food.gov.uk/science/research/researchinfo/contaminantsresearch/contactmaterials/a03prog/a03projlist/a03063/> (eingesehen am 10. August 2007).
- U.K. RS/RAE. 2004. Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties. Online verfügbar unter <http://www.nanotec.org.uk/finalReport.htm> (eingesehen am 17. Januar 2008)
- U.K. RS. 2007. Synthetic biology: Call for views. Online verfügbar unter: <http://royalsociety.org/page.asp?changes=0&latest=1&id=6731> (eingesehen am 30. November 2007).
- Umweltbundesamt 2007. Rechtsgutachten Nanotechnologien-ReNaTe Legal appraisal of nano technologies, online verfügbar unter: <http://www.umweltdataen.de/publikationen/fpdf-1/3198.pdf>, eingesehen am 25. Januar 2008.

- U.S. DoA. 2003. Nanoscale science and engineering for agriculture and food systems. A Report Submitted to the Cooperative State Research, Education and Extension Service. National Planning Workshop November 18–19, 2002. Online verfügbar unter: http://www.csrees.usda.gov/nea/technology/pdfs/nanoscale_10-30-03.pdf (eingesehen am 17. Januar 2008)
- U.S. DoA ERS. 2005. New Directions in Global Food Markets. Regmi A and Gelhar M (Eds). Agriculture Information Bulletin Number 794. Online verfügbar unter: <http://www.ers.usda.gov/publications/aib794/aib794.pdf> (eingesehen am 17/01/2008).
- U.S. EPA. 2007. Pesticide Registration: Clarification for Ion Generating Equipment. Online verfügbar unter: http://www.epa.gov/oppad001/ion_gen equip.htm (eingesehen am 16/01/2008).
- U.S. FDA. 2006. Nanoscale Materials [no specified CAS] Nomination and Review of Toxicological Literature. Dezember 8, 2006. Prepared by the Chemical Selection Working Group, U.S. Food & Drug Administration. Online verfügbar unter: http://ntp.niehs.nih.gov/ntp/htdocs/Chem_Background/ExSumPdf/Nanoscale_materials.pdf (eingesehen am 15. Januar 2008).
- U.S. FDA. 2007. Nanotechnology: A Report of the U.S. Food and Drug Administration Nanotechnology Task Force. 25. Juli, 2007. Online verfügbar unter: <http://www.fda.gov/nanotechnology/taskforce/report2007.html> (eingesehen am 15. Januar 2008).
- 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, Font R, Cavallé N, Font L, Garcia-Villanueva M, Benavente Y, Brennan P, de Sanjose S. 2006. Exposure to non-arsenic pesticides is associated with lymphoma among farmers in Spain. *Occupation Environ Med* 63:663–668
- Vassaux G, Nitcheu J, Jezzard S, Lemoine N. 2006. Bacterial gene therapy strategies. *J Pathol* 208:290–298.
- Vitafosan. ohne Datum, Nano-Produkte, <https://www.vitafosan.de/index.php?cPath=95&XTCSid=ab3175695ec84b584cc3ffaec8158ccb>, Eingesehen am 5. Februar 2007
- Wahlqvist M, Lee M.-S. 2006. Nutrition in Health Care Practice. *J Med Sci* 26(5):157–164.
- Wang B, Feng W-Y, Wang T-C, Jia G, Wang M, Shi J-W, Zhang F, Zhao Y-L, Chai Z-F. 2006. Acute toxicity of nano- and micro-scale zinc powder in healthy adult mice. *Toxicol Lett* 161:115–123.
- Wang B, Feng W, Wang M, Wang T, Gu Y, Zhu M, Ouyang H, Shi J, Zhang F, Zhao Y, Chai Z, Wang H, Wang J. 2007. Acute toxicological impact of nano- and submicro-scaled zinc oxide powder on healthy adult mice. *J Nanopart Res* 10(2):263–276
- Wang J, Zhou G, Chen C, Yu H, Wang T, Ma Y, Jia G, Gai Y, Li B, Sun J, Li Y, Jiao F, Zhano Y, Chai Z. 2007. Acute toxicity and biodistribution of different sized titanium dioxide particles in mice after oral administration. *Toxicol Lett* 168(2):176–185.
- Weiss J, Takhistov P, McClements J. 2006. Functional materials in food nanotechnology. *J Food Sci* 71(9): R107–R116.
- Wolfe J. 2005. Safer and guilt-free nanofoods. *Forbes.com* US 10. August 2005. Online verfügbar unter: http://www.forbes.com/investmentnewsletters/2005/08/09/nanotechnology-kraft-hershey-cz_jw_0810soapbox_inl.html (eingesehen am 8. August 2007).
- WHO (World Health Organization). 2003. Obesity and overweight. Online verfügbar unter: <http://www.who.int/dietphysicalactivity/publications/facts/obesity/en/> (eingesehen am 10. September 2007).
- Yamawaki H, Iwai N. 2006. Mechanisms underlying nano-sized air-pollution-mediated progression of atherosclerosis carbon black causes cytotoxic injury/inflammation and inhibits cell growth in vascular endothelial cells. *Circulation* J 70:129–140.
- Zhang Y, Zhang Y, Chen J, Zhang H, Zhang Y, Kong L, Pan Y, Liu J, Wang J. 2006. A novel gene delivery system: Chitosan-carbon nanoparticles. *Nanoscience* 11(1):1–8.

Glossar

Agglomerat: Verband von Teilchen oder Aggregaten, die über anziehende Kräfte zusammengehalten werden

Aggregat: lockerer Zusammenhang von Ionen, Molekülen oder anderen Teilchen

Agrochemikalien: Chemikalien, die in der Landwirtschaft eingesetzt werden, wie Dünger und Pestizide

Anatas-Form von Titandioxid: Modifikation von Titandioxid

Biozide: Nicht im landwirtschaftlichen Bereich eingesetzte Pestizide, z.B. in Mottenkugeln oder Katzenhalsbändern

Biopolymer: Polymer (verkettete Moleküle aus gleichen oder gleichartigen Einheiten) das in der Natur vorkommen kann – Beispiele: Stärke, Proteine und DNS

Fullerene: sphärische Moleküle aus mindestens 60 Kohlenstoffatomen, die die dritte Element-Modifikation des Kohlenstoffs neben Diamant und Graphit (engl. auch Bucky Ball).

Morbus Crohn: chronisch-entzündliche Darmerkrankung, die zu Krebs führen kann.

Emulsion: Gemisch zweier Flüssigkeiten, bei der die eine als feine Tröpfchen in der anderen verteilt ist, in der sie sich aber nicht löst

In vitro: Versuche an Zellkulturen

In vivo: Versuch an einem lebenden Organismus

Lotus-Effekt: Oberflächen mit so genanntem Lotus-Effekt weisen eine geringe Benetzbarkeit mit Flüssigkeiten auf. Diese perlen als Tropfen ab. Auch Feststoffe haben eine geringe Haftung auf solchen Oberflächen und können leichter abgespült werden.

Mizelle: Aggregate aus Molekülen, die sich in einer wässrigen Lösung zusammenlagern. Die hydrophilen (Wasser liebenden) Enden der Moleküle zeigen nach außen und bilden einen Schutz für die hydrophoben (Wasser abweisenden) öligen

Enden, die nach innen zum Mittelpunkt der Mizelle gewandt sind

Nano-Sensor: Sensor, der mit Messtechnik durch chemische, biologische oder physikalische Sensoren im Nano-Bereich funktioniert. Nano-Sensoren können z.B. genutzt werden, um Informationen über Temperatur und pH-Wert zu liefern oder erkranktes Gewebe zu erkennen

Nutraceuticals: Wortschöpfung aus Pharmaceutical (= Heilmittel) und Nutrition (= Ernährung). Der Begriff Nutra-ceutical bezeichnet Nahrungsmittel, die mit Inhaltsstoffen angereichert wurden, die einen gesundheitsfördernden Effekt haben sollen

Pestizide: Pflanzenschutzmittel oder Schädlingsbekämpfungsmittel. Oberbegriff u.a. für Fungizide (Pilzbekämpfungsmittel), Insektizide (Gift gegen unerwünschte Insekten), Herbizide (Unkrautvernichtungsmittel)

Polymer: verkettete gleichartige Moleküle oder chemische Einheiten: z.B. Plastik

Rutil-Form von Titandioxid: häufigste Modifikation von Titandioxid

Synthetisches Lycopin: leuchtend roter, synthetischer Farbstoff und starkes Antioxidationsmittel, das natürlich in Tomaten und anderen roten Früchten vorkommt, wird zunehmend auch in Nano-Größe hergestellt

Synthetische Nanomaterialien: durch Menschen bewusst künstlich erzeugte Nanomaterialien

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

Getränke und Lebensmittel – Auf dem internationalen Markt erhältlich

| Produktkategorie | Produkt | Hersteller | Nano-Inhalt | Webadresse/Quelle | Produktbeschreibung/ Werbeversprechen des Herstellers |
|--------------------|--|---|-----------------------------|--|--|
| Diätprodukt | Nano Slim™ | „Nano Slim Technologie“ | „Nano-Diffuse“™ | http://www.nanoslim.com/nanoslim_information.shtml | |
| Diätprodukt | NanoceticalsSlim Schokoladenshake | RBC Lifesciences | unspezifischer Nano-Inhalt | http://www.rbclifesciences.com/Nanotechnology_Revolution.aspx | |
| Gesundheitsgetränk | Angereicherter Fruchtsaft | High Vive.com | 300 nm Eisen (SunActive Fe) | http://www.highvive.com/sunactiveiron.htm | |
| Gesundheitsgetränk | Oat Vanilla und Oat Chocolate | Toddler Health | 300 nm Eisen (SunActive Fe) | http://www.toddlerhealth.net/OatChocolate.php und http://www.toddlerhealth.net/OatVanillia.php | „Ein natürliches, ausgewogenes, gesundes Getränk für Kinder im Alter zwischen 13 Monaten und 5 Jahren. Eine Portion Toddler Health versorgt die Kleinen mit allen nötigen Vitaminen, Mineralien und Eiweiß.“ |
| Getränk | Nano-Tee | Shenzen Become Industry & Trading Co | Nanopartikel (160 nm) | http://www.369.com.cn/En/nanotea.htm | Hergestellt aus Selen-reichen Pflanzen, schützt die Leber und stärkt das Immunsystem. |
| Getränk | „Daily Vitamin Boost“ Fortified fruit juice | Jamba Juice Hawaii | 300nm Eisen (SunActive Fe) | http://jambajuicehawaii.com/vita-boost.asp | „22 essentielle Vitamine und Mineralien. Deckt 100% oder mehr des täglichen Bedarfs bei 18 von diesen!“ |
| Lebensmittel | Canola Active Oil | Shemen Industries | unspezifischer Nano-Inhalt | http://www.nanotechproject.org/search/?q=Canola+Active+Oil | Nanoskalige Vitamine und Mineralien werden von Mizellen umgeben, die den Magen-Darm-Trakt passieren können und die Stoffe erst später freigeben. |

Zusatzstoffe und Verarbeitungshilfen – Auf dem deutschen Markt erhältlich

| | | | | | |
|-------------|-----------------------|------------------------|--|---|--|
| Zusatzstoff | NovaSOL | Aquanova | Nano-Mizellen (Kapseln) | http://www.aquanova.de/media/public/pm2006/PM_AQUANOVA_30_08_06_d_final.pdf | Bessere Aufnahme aktiver Inhaltsstoffe in Zellen und Organe durch Einschluss in Nanokapseln. |
| Zusatzstoff | Solu™ E 200 | BASF | Vitamin E Nanolösung auf Basis NovaSol | http://www.human-nutrition.basf.com/downloads/SoluTM%20E%202000%20flyer.pdf | Ermöglicht die Zusetzung von Vitamin E zu Getränken, ohne dass dadurch Farbe oder Geschmack beeinträchtigt werden. |
| Zusatzstoff | Synthetisches Lycopin | BASF | Lycovit 10% (< 200 nm synthetisches Lycopin) | http://www.human-nutrition.basf.com | Antioxidationsmittel |
| Zusatzstoff | Aerosil, Sipernat | Evonik (ehem. Degussa) | Siliziumdioxid (Lebensmittelqualität) | www.aerosil.com | Rieselhilfe für Pulver in der Lebensmittelindustrie. |
| Zusatzstoff | AdNano | Evonik (ehem. Degussa) | Nano-Zinkoxid (Lebensmittelqualität) | https://www.advancednanomaterials.com/webapps/adnanon.ssf/download/9C09730E6DEE68C7C12570F900510A5B/\$File/pi%20adnano%20zinc%20oxide%2008%202006.pdf | Kann z.B. für Mineralzubereitungen genutzt werden. |

Zusatzstoffe und Verarbeitungshilfen – Auf dem internationalen Markt erhältlich

| | | | | | |
|-------------|------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|---|---|
| Zusatzstoff | BioralTM Omega-3 nanocochleates | BioDelivery Sciences International | „Nanocochleates“ (Nano-Kapseln) | http://www.biodeliverysciences.com/bioralnutrients.html | „Effektives Mittel um Omega 3 Fettsäuren Kuchen, Muffins, Nudeln, Suppen, Keksen, Cerealien, Chips und Schokaldriegeln hinzuzufügen...“ |
|-------------|------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|---|---|

Nahrungsergänzungsmittel – Auf dem deutschen Markt erhältlich

| Produktkategorie | Produkt | Hersteller | Nano-Inhalt | Webadresse/Quelle | Produktbeschreibung/ Werbesprechen des Herstellers |
|-------------------------------|--|-------------------------|--|---|--|
| Nahrungs- ergänzungsmittel | fairvital Colloidales Silber | fairvital | Nano-Silberpartikel | http://www.fairvital.com/product_info.php?products_id=77 | Stärkung der Immunabwehr und Zellschutz |
| Nahrungs- ergänzungsmittel | Nano Life by Carlo Thraenhardt | Healthy Generation GmbH | unspezifischer Nano-Inhalt | http://www.apondo.de/4016104/?kategorie=1 | Unklar, Anbieter macht keine näheren Angaben zum Verwendungszweck |
| Nahrungs- ergänzungsmittel | Nanosan Nano-Silizium | Life Light | Silizium-Sol | http://shop.lifelight.com/Shop/default.asp?WMFN=EPCSSItemDescription&WMFI=D&WPG=EPHomepageOnline&WTID=175&WREC=1304433&WKEY=[65534:1304433] | Beworben als „Spurenelement für Gesundheit, Schönheit und Jugendlichkeit“ |
| Nahrungs- ergänzungsmittel | Energy Well Nano Mineral Silicium Pulver | Medica Consulting Ltd. | Nano-Silizium | http://www.st-georg-versandapotheke.de/3793449/ | Unklar, Anbieter macht keine näheren Angaben zum Verwendungszweck |
| Nahrungs- ergänzungsmittel | SQUEEZY Nano energised mineral gel | Squeezy | Nano-Mineralien | http://www.shape-you.de/product_info.php?products_id=1003&ref=201 | Hohe Bioverfügbarkeit; fördert den Muskelaufbau und die Regeneration des erschöpften Sportlers |
| Nahrungs- ergänzungsmittel | Co-Enzym Q10 nano liquid | Trace Minerals Research | "ultrafeine Flüssigkeitspartikel" | http://www.fairvital.com/product_info.php?products_id=271&osCsid=25202873efc841bef693eeab2c3224b7 | Das Q 10 gelangt direkt in Herz und Muskulatur ohne von der Leber verstoffwechselt zu werden, erworben zur Stärkung der Immunkraft und zur Überbrückung von Energiemangel. |
| Nahrungs- ergänzungsmittel | Nano-Know-How, Nano Men-Power, Aufbau for kids, Toxi-Drain | Vitafofan | Nano-Zeolith und weitere Stoffe | https://www.vitafofan.de/index.php?cPath=95&XTCSid=a61c8a23721d30b90bcd7917794de7f9 | Verbesserte Aufnahme der Mineralien, verschiedenste gesundheitsfördernde Effekte |
| Anabolika | Nano Vapor | MuscleTech | „Nanomolekulare gefäßweiternde Wirkstoffe“ | http://www.margaritella.com/product_info.php/info/p579_Nano-Vapor.html | „Nano Vapor ist eine muskelaufbauende psychoaktive Erfahrung“ |
| Anabolika | naNOX9 | MuscleTech | „Nanoskaliges Stickstoffoxid“ | http://www.margaritella.com/product_info.php/info/p538_naNOX9.html | „Durchflutet die Muskulatur sofort mit gefäßweiternden Wirkstoffen“ |

Nahrungsergänzungsmittel – Auf dem internationalen Markt erhältlich

| Produktkategorie | Produkt | Hersteller | Nano-Inhalt | Webadresse/Quelle | Produktbeschreibung/ Werbeversprechen des Herstellers |
|-------------------------------|---|--------------------------|--|---|--|
| Nahrungs- ergänzungsmittel | C.L.E.A.N. Produkte (1-5) | SportMedix | Glykoproteine? | https://www.sportmedix.com/index.php?lang=english&page=products&sh_c=view_item&iid=8 | |
| Nahrungs- ergänzungsmittel | Kolloidale Silberflüssigkeit und Silbercreme | Skybright Natural Health | Nano-Silber | http://www.skybright.co.nz/ | |
| Nahrungs- ergänzungsmittel | LifePak Nano | Pharmanex | CR-6 Liponährstoffe | http://www.lifepaknano.com | Bessere Aufnahme von Vitaminen und Nährstoffen |
| Nahrungs- ergänzungsmittel | Lypo-Spheric™ Vitamin C | Powell Productions | 100-150 nm „Smart“ Liposomal Nano-Spheres™ (100-150 nm große intelligente liposomale Nanosphären) | http://healthspotlight.com/liposomal-encapsulation.html | |
| Nahrungs- ergänzungsmittel | Crystal Clear Nano Silver | Nano Health Solutions | Nano-Silber | http://www.nanohealthsolutions.com/html/nano-silver.html | |
| Nahrungs- ergänzungsmittel | Nano-2+ | Nano Health Solutions | Nano-Spurenelemente | http://www.nanohealthsolutions.com/html/nano2_.html | |
| Nahrungs- ergänzungsmittel | Nano2Bio-Sim | Nano Health Solutions | Nano-Siliziumdioxid | http://www.nanohealthsolutions.com/html/nano_bio-sim.html | |
| Nahrungs- ergänzungsmittel | Nano Humin- und Fluvinssäure | Nano Health Solutions | Nano Humin- und Fluvinssäure | http://www.nanohealthsolutions.com/html/nano_humic_fulvic_acid.html | |
| Nahrungs- ergänzungsmittel | „Meso“-Reihe (7 Produkte) | Purest Colloids | Enthält jeweils ein Metall in Nano-Form | http://www.purestcolloids.com | |
| Nahrungs- ergänzungsmittel | Nano Kalzium/Magnesium | Mag-I-Cal.com | Nanopartikel (<500nm) | http://www.mag-i-cal.com/calciummagnesium.htm | |
| Nahrungs- ergänzungsmittel | Nano Silber Dispersion | Nano Silver Technology | Nano-Silber | http://www.nanobiosilver.com/index.html | |
| Nahrungs- ergänzungsmittel | Artichoke Nanoclusters | RBC Lifesciences | unspezifischer Nano-Inhalt | http://www.rbclifesciences.com/Products.aspx?ItemID=118 | |
| Nahrungs- ergänzungsmittel | Hydracel | RBC Lifesciences | unspezifischer Nano-Inhalt | http://www.rbclifesciences.com/Nanotechnology_Revolution.aspx?ItemID=142 | |
| Nahrungs- ergänzungsmittel | Mycrohydrin Powder | RBC Lifesciences | Mycrohydrin | http://www.rbclifesciences.com/Nanotechnology_Revolution.aspx?ItemID=161 | |
| Nahrungs- ergänzungsmittel | Silver 22 | RBC Lifesciences | Kolloidales Nano-Silber | http://www.rbclifesciences.com/Nanotechnology_Revolution.aspx?ItemID=430 | |

Nahrungsergänzungsmittel – Auf dem internationalen Markt erhältlich

| Produktkategorie | Produkt | Hersteller | Nano-Inhalt | Webadresse/Quelle | Produktbeschreibung/ Werbeversprechen des Herstellers |
|-------------------------------|---|----------------------------------|---|--|--|
| Nahrungs- ergänzungsmittel | Spirulina Nanoclusters | RBC Lifesciences | nicht näher spezifizierte Nano-Cluster | http://www.rbc Lifesciences.com/Nanotechnology_Revolution.aspx?ItemID=183 | |
| Nahrungs- ergänzungsmittel | Nano-sized Self-assembled Liquid Structures (NSSL) 6 verschiedene Produkte | Nutralease | Nano-Kapseln ca. 30 nm groß | http://www.nutralease.com/technology.asp | |
| Nahrungs- ergänzungsmittel | NanoSil-10 | Greenwood Consumer Products | Nano-Silber | http://www.nanosil10.com/index.html | |
| Nahrungs- ergänzungsmittel | NanoTrim | NanoNutra™ Labs | Molekulare Flüssigkeit zur Gewichtsreduktion mit Nanoanteil | http://www.nanonutra.com/nanotrim.html | |
| Nahrungs- ergänzungsmittel | Natural-Immunogenics Co | Sovereign Silver | Kolloidales Silber | http://www.natural-immunogenics.com/silver_why_sovereign.php | |
| Nahrungs- ergänzungsmittel | Nutri-Nano™ CoQ-10 3.1x Softgel | Solgar | Mit NovaSol | http://www.naturalgoodnessmarket.com/list2.cfm?cat=60 http://www.solgar.com/Products/Specialty-Supplements/Coenzyme-Q-10.aspx | |
| Nahrungs- ergänzungsmittel | Ortho-Eisen | Advanced Orthomolecular Research | 300 nm Eisen (SunActive Fe) | http://www.aor.ca/int/products/ortho_iron.php | |
| Nahrungs- ergänzungsmittel | Silvix3 | NaturalCare | Nano-Silber | http://www.naturalcare.com/prod_silv.html | |
| Nahrungs- ergänzungsmittel | Spray for Life Vitamine | Health Plus International | Nano-Tröpfchen verschiedener Vitamine | http://www.healthplusintl.com/products.html | |
| Nahrungs- ergänzungsmittel | NanoCoQ10® | Pharmanex | Nano Koenzym Q10 | http://www.pharmanex.com/intercom/productDetail.do?prodId=01003662&mkId=2031 | Durch Nanotechnologie gewonnenes Koenzym Q10 hat eine bis zu 10 mal bessere Bioverfügbarkeit als herkömmlich gewonnenes Q10. |

Verpackungen – Auf dem deutschen Markt erhältlich

| Produktkategorie | Produkt | Hersteller | Nano-Inhalt | Webadresse/Quelle | Produktbeschreibung/ Werbeversprechen des Herstellers |
|------------------|---------------------|-----------------|---|---|---|
| Verpackung | Durethan® KU 2-2601 | Bayer / Nanocor | Siliziumdioxid in einer Nano-Zusammensetzung auf Polymerbasis | http://www.research.bayer.com/edition_15/15_polyamides.pdf | Silizium-Nanopartikel im Plastik verhindern das Eindringen von Sauerstoff und anderen Gasen. Die Haltbarkeit wird dadurch verlängert. |

Verpackungen – Auf dem internationalen Markt erhältlich

| | | | | | |
|------------|--|----------------------|--|---|---|
| Verpackung | Hite Brauerei dreischichtige 1.6 L Bierflasche | Honeywell | Honeywell Aegis OX Nano-Zusammensetzung auf Nylonbasis | http://www.nanocor.com/applications.asp | Verpackung fungiert als Sauerstoff- und Kohlenstoffdioxidshranke, ist durchsichtig, wiederverwertbar, einfach vorzuformen, aroma- und geruchsdurchlässig, weltweit in Anwendungen zu finden. |
| Verpackung | Miller Lite, Miller Genuine Draft, Ice House | Nanocor | Nano-Zusammensetzung mit Nylon | http://www.nanocor.com/applications.asp | Ein mit Nano-Ton-Partikeln verstärkter Kunststoff. Die Flaschen zerbrechen nicht so einfach und die Haltbarkeit verlängert sich. |
| Verpackung | Cadbury Schweppes: Cadbury® Dairy Milk™ Milk Tray™ Schokoladensortiment, Cadbury® Eden Pralinen, Verpackung von Cadbury® Fun Filled Freddo | Plantic Technologies | Thermogeformte Plantic® R1 Schalen (Biopolymer Nano-Zusammensetzung) | http://www.plantic.com.au/ | „Biologisch abbaubar, kompostierbar nach europäischem Standard EN 13232, aus erneuerbaren Rohstoffen und durch nachhaltige Produktion gewonnen (keine genetisch veränderte Maisstärke), wasserlöslich, verschmutzt Grundwasser nicht, seit 2002 in Verwendung“. |
| Verpackung | Constantia Folie | N-Coat | Polymer Nano-Zusammensetzung | http://www.constantia-multifilm.com/ | „Durchsichtiger Verbundstoff, wirkt hervorragend als Gasbarriere, speziell für die Verpackung von Nüssen, getrockneten Lebensmitteln und Snacks entwickelt.“ |
| Verpackung | DuPont™ Light Stabilizer 210 | DuPont | Nano-Titandioxid | http://www2.dupont.com/Titanium_Technologies/en_US/products/dls_210/dls_210_landing.html | UV-geschützte Plastikverpackung |

Küchenutensilien – Auf dem deutschen Markt erhältlich

| Produktkategorie | Produkt | Hersteller | Nano-Inhalt | Webadresse/Quelle | Produktbeschreibung/ Werbeversprechen des Herstellers |
|------------------|--|--------------------------------|---|---|--|
| Frischhaltebox | Everin Nano-Silver | New Life | Nano-Silber | http://www.proidee.de/shop/SID_L7eqCUNzty-AhDXm3Jpa4Q4vSYyt/F=produkt_formular/P=02_D_120469/SUCHTEXT=nano/ID_SEITE=1 | „Die besseren Frischhaltedosen: Nanosilber beschichtete Silikonhaltungen schützen Vitamine und Inhaltsstoffe vor Bakterien und Keimen.“ Leichter zu reinigen und längere Haltbarkeit. |
| Kochgeschirr | Nano Maxx Exklusiv-Pfannen mit Nano Flon Antihafbeschichtung | Nano Maxx | „Nano Flon“, unspezifischer Nano-Inhalt | http://www.otto.de/is-bin/INTERSHOP.enfinity/WFS/Otto-OttoDe-Site/de_DE/-/EUR/OV_DisplayProductInformation-ArticleNosid=1mJDNyuvCGFXNWwX_AL_X0e6XE-lj0eSy5vGbbjBxH3 meXmvMyzoWyoZoQwerG_zSKrQ=?ArticleNo=342760&Category-Name=&SpecialShopName=&Is=0 | |
| Kochgeschirr | Nano-Silber Schneidebrett | Küchenprofi | Nano-Silber | http://www.proidee.de/shop/SID_BUwewsn9uqvHaPrSoih8sAICvTua/F=produkt_formular/P=02_D_HPNI123109/SUCHTEXT=nano/ID_SEITE=1 | „Die Nanosilber beschichteten Schneidflächen schützen Ihr Schneidgut vor Bakterien und Keimen.“ |
| Reinigung | Mega Nano Chrom & Edelstahl | Mega Nano | unspezifischer Nano-Inhalt | http://www.meganano.de/index.php?option=com_content&task=view&id=71&Itemid=85 | Harte und nicht abreibbare Beschichtung. |
| Reinigung | Sidolin (Nano protect) | Henkel | unspezifischer Nano-Inhalt | http://www.henkel.de/cps/rde/xchg/SID-0AC83309-1042A872/henkel_de/hs.xsl/4107_DED_HTML.htm?countryCode=de&BU=uw&parentredDotUID=0000000GH0&redDotUID=0000000GH0&brand=0000000156 | „Das neue Sidolin mit Nano-Protect® verhindert, dass die Fläche schnell wieder verschmutzt und lässt alles 2 x länger glänzen.“ |
| Reinigung | nanogarde Chrom & Edelstahlversiegelung | nanogarde | unspezifischer Nano-Inhalt | www.nanogarde.de , http://www.amazon.de/nanogarde-Chrom-Edelstahl-Nanoversiegelung-100ml/dp/B0011UTP4A/ref=sr_1_1?ie=UTF8&is=home-garden&qid=1202154264&sr=1-1 | „Neueste Nanotechnologie – weniger Verschmutzung, leichtere Reinigung.“ |
| Beschichtung | Die Nano Experten Kühlschranks Veredelung | Nanopool/ Die Nano Experten | unspezifischer Nano-Inhalt | http://www.dienanoexperten.eu/kuehlschrank.htm | „Die Oberfläche wird durch die Veredelung so glatt, dass weder Schmutz noch Bakterien haften bleiben und durch Abwischen problemlos entfernt werden können.“ |
| Kühlschrank | Kühlschrank R-Z370AT6 PWH | Hitachi | „Nano-Titanfilter“ | http://www.hitachi.com.au/pr-R-Z370AT6-PWH.seo | Antibakterielle Wirkung |
| Kühlschrank | Kühlschrank Daewoo FRS-T20FAM | Daewoo Industries | Nano-Silber | http://www.daewoo-electronics.de/eu/products/cool_ref_glos.asp | Nano-Silberbeschichtung im Innern des Kühlschranks, um das Entstehen von Bakterien und Gerüchen zu verhindern. |
| Kühlschrank | Samsung verschiedene Modelle | Samsung | Nano-Silber | http://hausgeraete.samsung.de/produkte/learning_lexikon_kuehlschraenke.aspx?type=K%u00fchlschr%u00e4nke | Nano-Silberbeschichtung im Innern des Kühlschranks, um das Entstehen von Bakterien und Gerüchen zu verhindern. |

Küchengeräte – Auf dem internationalen Markt erhältlich

| Produktkategorie | Produkt | Hersteller | Nano-Inhalt | Webadresse/Quelle | Produktbeschreibung/ Werbesprechen des Herstellers |
|------------------|--|----------------------------|--------------------------|---|--|
| Gefrierbeutel | Antibakterielle Beutel mit Nano-Silber | WorldOne | Nano-Silber | http://www.worldoneusa.com/atibag.html | „Antibakterielle Nano-Silberbeutel wirken wie ein Safe und beugen der Bildung von Keimen und Pilzen vor“. |
| Plastikfolie | Nano-Zinkoxid Plastikfolie | Song-Sing Nano Technology | Nano-Zinkoxid | http://www.ssnano.net/eh.html/detail1.php?productid=79 | UV-resistent, temperaturbeständig, feuerfest, infrarotbeständig |
| Frischhaltebox | Food Container NS | A-Do Global | Nano-Silber | http://www.adox.info/?doc=shop/list.php&ca_id=110 | „99,9% antibakterielle Nanotechnologie“ |
| Frischhaltebox | Fresh Box Silber Nanopartikel Lebensmittel-aufbewahrungsbehälter | BlueMoonGoods | Nano-Silber | http://www.bluemoongoods.com/silver_nanoparticle_food_containers.htm | „Lebensmittel bleiben länger frisch in der BESTEN Frischhaltebox auf dem Markt“. |
| Frischhaltebox | Nano Silver Food Lebensmittelaufbewahrungsbehälter | JR Nanotech Plc | Nano-Silber | http://www.jrnanotech.com/consumer_goods.html | Nano-Silberpartikel geben verstärkt Silberionen ab, wodurch eine antibakterielle Ausstattung erzielt wird. |
| Frischhaltebox | Nano Silver Food Aufbewahrungsbehälter | Nano Silver Products | Nano-Silber | http://www.nanosilverproducts.com/mm5/merchant.mvc?Screen=PROD&Store_Code=NSPE&Product_Code=FSC12&Category_Code= | Nano-Silberpartikel geben verstärkt Silberionen ab, wodurch eine antibakterielle Ausstattung erzielt wird. |
| Geschirr | Antibakterielles Geschirr | NCT (Nano Care Technology) | Nano-Silber | http://www.nanocaretech.com/En_ArticleShow.asp?ArticleID=12 | Nano-Silberpartikel geben verstärkt Silberionen ab, wodurch eine antibakterielle Ausstattung erzielt wird. |
| Geschirr | Nano-Silber Babytasse und Milchfläschchen | Baby Dream | Nano-Silber | http://babydream.en.ec21.com/ | Nano-Silberpartikel geben verstärkt Silberionen ab, wodurch eine antibakterielle Ausstattung erzielt wird. |
| Kochgeschirr | GreenPan™ Bratpfanne Thermolon™ antihafte Beschichtung | HSN | Nano-Keramikbeschichtung | http://kitchen-dining.hsn.com/greenpan-w-thermal-technology-6pc-cookware-set_m-10031074_xp.aspx | Antihafte Bratpfanne |
| Kochgeschirr | Marble Durastone antihafte Brat- und Wokpfannen | Joycook | Nano-Silber | http://kitchenlines.com/product_info.php?products_id=37&osCsid=d0f8a8c4e4c737d5b9fdec11b1b9d475 | GreenPan™ mit Thermolon™ Beschichtung |
| Kochgeschirr | Nano-Silber Teekanne | Song-Sing nanotechnology | Nano-Silber | http://www.ssnano.net/eh.html/detail1.php?productid=74 | Fünflügelige Nano-Silberinnenbeschichtung Marble Durastone |
| Kochgeschirr | Nano-Silber Schneidebrett | A-Do Global | Nano-Silber | http://www.adox.info/?doc=shop/item.php&it_id=000123 | Antibakteriell |
| Kochgeschirr | Nano Silver Schneidebrett | Nano Silver Wholesale Ltd. | Nano-Silber | http://www.nanosilverwholesale.com | „99,9% antibakteriell wirkende Nanotechnologie“ |
| Kochgeschirr | Selbstklebende antihafte Beschichtung für Glaskuchenformen | Nanofilm LTD | Nano-Bbeschichtung | http://www.nanofilmtechnology.com/products_name/active-glass.htm | Antihafte, langlebig, gibt Schadstoffe ab, nicht korrodierend, wird vom Originalhersteller aufgetragen |

Küchengeräte – Auf dem internationalen Markt erhältlich

| Produktkategorie | Produkt | Hersteller | Nano-Inhalt | Webadresse/Quelle | Produktbeschreibung/ Werbeversprechen des Herstellers |
|------------------|--|--------------------------------|-----------------------------------|---|--|
| Küchengeräte | Oilfresh 1000 | Oilfresh Corp | Nanokeramik, katalytische Pellets | http://www.oilfresh.com/of1000.html | Katalytisches Hilfsmittel, verlängert die Verwendbarkeit von Frittieröl |
| Küchengeräte | Antibakterielle Küchengeräte | NCT (Nano Care Technology) | Nano-Silber | http://www.nanocaretech.com/En_ArticleShow.asp?ArticleID=13 | Wird auf Materialoberflächen angewendet, härtet die Fläche und wirkt antibakteriell |
| Kühlschrank | LG Kühlschrank mit eingeb. LCD Fernseher | LG Electronics | Nano-Silber, Nano-Kohlenstoff | http://www.tokog.com/promotion2.asp | „Das Innere und die Dichtungen des Kühlschranks sind mit einer Biobeschichtung mit Nanosilberpartikeln überzogen und sind so perfekt durch Bakterien von außen geschützt.“ |
| Reinigung | Verschiedene Reinigungsprodukte | Nano Silver Wholesaler | Nano-Silber | http://www.nanosilverwholesale.com/nano_silver_products.html | „Exzellente antimikrobielle Eigenschaften“ |
| Reinigung | Verschiedene Reinigungsprodukte | IFE | Nano-Silber | http://hanoine.com/product/e_product01_1.php | |
| Reinigung | Verschiedene Reinigungsprodukte | Nanogist, Co Ltd | Nano-Silber | http://hangist.co.kr/ | |
| Reinigung | Spülbürste für Babyfläschchen | Kheo Sung World Inc | Nano-Silber | http://www.i-sangshin.com/ | |
| Reinigung | Nano-Silberspray | Song-Sing Nano Technology | Nano-Silber | http://www.ssnano.net/ehtml/detail1.php?productid=75 | |
| Reinigung | Ionic Zone Nano TiO ₂ PCO Liquid | Ionic Zone | Nano-Titandioxid | http://www.air-purifiers-superstore.com/TiO2_catalyst_self_cleaning_liquid.html | Verleiht Oberflächen einen selbstreinigende Eigenschaften und schützt vor Aufnahme von schlechten Gerüchen |
| Reinigung | Nano Clean Spray | ECOSmart AustralAsia P/L | Nano-Titandioxid | http://www.ecosmart.com.au/nano/index.htm | „Sobald der Kontakt besteht, oxidiert die Mikrobe und stirbt.“ |
| Reinigung | Nano-in Natural Environmental Cleaning Agent | Nano-Infinity Nanotech Co. Ltd | Nano-Produkt enthält Glycerin | http://www.nano-infinity.com.tw/product03.htm | „Kann komplett Pestizidrückstände von Obst und Gemüse entfernen und alles Öl und allen Schmutz von Besteck.“ |
| Reinigung | Nano silver wet wipes | Nano Silver Wholesale Ltd. | Nano-Silber | http://www.nanosilverwholesale.com | |
| Reinigung | Spülhandschuhe | Kheo Sung World Inc | Nano-Silber | http://www.misian.com/eng/sub/product_01.html | |

Landwirtschaft – Auf dem deutschen Markt erhältlich

| Produktkategorie | Produkt | Hersteller | Nano-Inhalt | Webadresse/Quelle | Produktbeschreibung/ Werbersprechen des Herstellers |
|------------------|--|-------------------------------|---|---|--|
| Agrochemikalie | Geohumus Bodenhilfsstoff zur Wasserspeicherung | Geohumus International (GmbH) | Nanotechnologisch hergestelltes Polymer eines Hybridmaterials, Lavagesteinsmehl und kolloidalem Silikat | http://www.geohumus.com/download/gba_dt_260607.pdf | „geohumus® steigert die Wasserhaltefähigkeit des Bodens zusätzlich um das 30-fache des Eigengewichtes und gibt das Wasser bei Bedarf wieder an die Umgebung bzw. direkt an die Pflanze ab. Der Prozess des Speicherns und Abgebens ist beliebig wiederholbar.“ |

Landwirtschaft – Auf dem internationalen Markt erhältlich

| | | | | | |
|-----------------------|--------------------------------------|----------|---|---|--|
| Agrochemikalie | Primo MAXX Wachstumsregler | Syngenta | Emulsion mit 100 nm großen Partikeln (Mikroemulsionskonzentrat) | http://www.syngentapp.com/prodrender/index.asp?nav=CHEMISTRY&ProdID=747 | „Die extrem kleine Partikelgröße sorgt dafür, dass sich Primo MAXX vollständig mit Wasser mischen lässt und keine Rückstände in den Spritz tanks zurückbleiben.“ |
| Landwirtschaftsbedarf | Bodenbewässerungssystem/ Plastikrohr | Geoflow | nanoskalige Tonplättchen | http://www.ptonline.com/articles/200602fa2.html | 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. |

Anhang B: Beim deutschen Patentamt eingetragene Patente auf Erfindungen für den Einsatz der Nanotechnologie im Lebensmittelbereich 1

Lebensmittelzusatzstoffe und Nahrungsergänzungsmittel

| Patenttitel | Verwendungszweck | Patentanmelder | Patent-Nr |
|---|--|---|-----------------------|
| Beschichtete Nano-Teilchen, Methoden zu ihrer Herstellung und Verwendung | Einkapselung von flüchtigen Geschmacksstoffen, Aromen, Ölen. Einkapselung von pflanzlichen Fetten, eingekapselte Enzyme für Gärung (z.B. Bierherstellung), Einkapselung zur Erzielung einer Verlängerung der Lebenszeit von Tiefkühlmahrung | Lyotropic Therapeutics, Inc, Ashland, USA | DE 698 16 778 T2 |
| Nahrungsergänzungsmittel und Nahrungsmittelzusätze mit einer Multi-Kern Struktur | Verbesserte Aufnahmefähigkeit und exaktere Dosierung aktiver Substanzen, wie z.B. Carotinoiden, Vitaminen, Koenzymen, mehrfach ungesättigte Fettsäuren, Lebensmittelarbstoffen | BASF, Ludwigshafen | DE 100 42 833 A1 |
| Verfahren zur Herstellung von langzeitstabilen Dispersionen | Anwendung z.B. als Austauschstoffe für Fette und Öle, um kalorienarme Lebensmittel herzustellen. Des Weiteren ist an die Lösung von Metallen wie Gold in Likören und Pralinen gedacht. Auch wird die Beimischung von Zusatzstoffen in Getränken möglich, die sonst nicht wasserlöslich sind. | Louis, Pöhlau, Lohrentz, Nürnberg | DE 10 2006 011 881 A1 |
| Multipartikuläre Arzneiform zur Herstellung von Nanopellets | Diese Erfindung ist direkt auf Arzneimittel bezogen, wird aber vom Patentamt unter Lebensmittelpatenten aufgeführt und ist für so genannte „Nutraceuticals“ einsetzbar. Es sollen Tabletten oder Kapseln hergestellt werden, die zahlreiche Pellets enthalten, die im Magen freigesetzt werden | Röhm GmbH & Co KG, Darmstadt | DE 10 2004 059 792 A1 |
| Verfahren zur mechanisch schonenden Erzeugung von fein dispersen Mikro-/Nano-Emulsionen mit enger Tropfengrößenverteilung | Ziel der Erfindung ist, kleine disperse Tröpfchen entmischungsstabil zu halten und eine möglichst große innere Grenzfläche zur kontrollierten Freisetzung von Wirkstoffen, Aromen etc. zu erzielen | ETH-Zürich, Institut für Lebensmittelwissenschaft | DE 10 2004 040 735 B4 |
| Herstellung von Inulin-Fraktionen in Nano-Größe | Durch die Reduzierung auf Nano-Größe soll eine wasserlösliche Form von Inulin (Einsatz z.B. als Süßungsmittel in Diät-Lebensmitteln) geschaffen werden | B.S. Silver, Salt Lake City, Utah, USA | DE 699 07 218 T2 |
| Herstellung eines Mikronährstoffpräparats | Kombination von Riboflavin, Magnesium, verschiedenen Vitaminen und Koenzym Q10 in nanopartikulärer Form für die Migräne-Prophylaxe | Weber & Weber GmbH & Co KG, Inning | DE 20 2006 010 771 U1 |
| Präparat zur Prophylaxe und Therapie von Stresszuständen, von funktionellen und organischen Störungen des Nervensystems und des Stoffwechsels | Einsatz energetisierter/magnetisierter Mikro- und Nanopartikel für Nahrungsergänzungsmittel | Tech, Egon, Rostock | DE 10 2005 027 905 A1 |
| Verfahren zur Herstellung eines porösen Polymers | Verfahren zur Herstellung von porösen Polymeren, die mindestens einen nanoskaligen flüssigen Wirkstoff enthalten, der verzögert freigesetzt wird. Einsatzmöglichkeiten u.a. auch im Lebensmittelbereich | Fraunhofer Gesellschaft, München | DE 10 2005 016 193 A1 |

Lebensmittelverpackungen

| Patenttitel | Verwendungszweck | Patentanmelder | Patent-Nr |
|--|--|-------------------------------|-----------------------|
| Lebensmittelverpackungen mit Barriereigenschaften | Durch Einfügung eines nanoskaligen Füllstoffs sollen Verpackungen mit besonders guten Barriereigenschaften hergestellt werden | Henkel KGaA, Düsseldorf | DE 10 2004 038 274 A1 |
| Klebstoff mit Barriereigenschaften | Der Klebstoff soll der Herstellung von Verbundfolien für die Lebensmittelverpackung dienen. Um hierzu eine optimale Barriereigenschaft zu erzielen, sollen dem Klebstoff Nano-Füllkörper zugefügt werden | Henkel KGaA, Düsseldorf | DE 100 48 059 A1 |
| Zubereitung für u.a. Lebensmittelverpackungen mit nanopartikulärem UV-Schutzmittel | Hertellung u.a von Lebensmittelverpackungsfolien und -verpackungen mit UV-Schutz | Merck Patent GmbH, Darmstadt | DE 10 2005 007 482 A1 |
| Verfahren zur Herstellung von Polyamidfolie mit nanoskaligen Füllstoffpartikeln | Durch Einfügung eines nanoskaligen Füllstoffs sollen Verpackungen mit besonders guten Barriereigenschaften hergestellt werden | Wolff Walsrode AG, Walsrode | DE 198 47 845 A1 |
| Heißsiegelbare Mehrschichtfolien mit definierter Gasdurchlässigkeit als Verpackungsmaterial für die Käserreifung | Herstellung von Käserreifungspackungen mit Nano-Füllstoffen, welche eine gewisse Gasdurchlässigkeit für Kohlendioxid aufweisen | Wipak Walsrode GmbH, Walsrode | DE 100 62 417 A1 |

Beschichtungen für Maschinen, mit denen Lebensmittel verarbeitet werden

| | | | |
|--|---|--------------------------------------|-----------------------|
| Beschichtung enthaltende Filme aus diamantartigem Kohlenstoff und diamantartigem Nanokomposit | U.a. zur Beschichtung von Tiefziehformen und Formen zum Prägen von Tafeln und Kapseln für Lebensmittel, wie Schokoladen und Süßwaren | N.V. Bekaert S.A., Zwevegem, Belgien | DE 698 03 365 T2 |
| Herstellung von Schläuchen, Rohren oder Hülsen aus mineralische und/oder metallische Nano-Partikel enthaltendem Kunststoff | Herstellung von Schläuchen und Rohren u.a. für die Lebensmittelverarbeitung, die innen und außen antihaltende, selbstreinigende und bakterizide Eigenschaften besitzen | Kuntz, Klaus, Bonn | DE 10 2004 048 790 A1 |
| Glasoberflächen mit leicht zu reinigender Oberfläche | Herstellung einer Doppelbeschichtung mit einer hydrophoben und einer inneren anorganischen Sol-Gel und/oder Metalloxid-Schicht, die insbesondere für Sichtscheiben in Küchen und Geräten der Lebensmittelproduktion wie Backofen-Innenscheiben, Sichtrohre in der Milchwirtschaft etc. geeignet sein soll | Schott AG, Mainz | DE 20 2004 021 240 U1 |

Beschichtungen im sonstigen Lebensmittelbereich

| | | | |
|--|--|-------------------------------|-----------------------|
| Antihafbeschichtung für Einkaufswagen oder Transportbehälter | Herstellung einer hydrophoben, bzw. superhydrophoben schmutz- und bakterien-/pilzabweisenden Beschichtung vor, welche eine nanostrukturierte Oberfläche aufweisen soll | POS-Technology GmbH, Puchheim | DE 20 2004 002 438 U1 |
|--|--|-------------------------------|-----------------------|

Die Erde braucht Freundinnen und Freunde

Der BUND ist ein Angebot: an alle, die unsere Natur schützen und den kommenden Generationen die natürlichen Lebensgrundlagen erhalten wollen. Zukunft mitgestalten – beim Schutz von Tieren und Pflanzen, Flüssen und Bächen vor Ort oder national und international für mehr Verbraucherschutz, gesunde Lebensmittel und natürlich den Schutz unseres Klimas.

Der BUND ist dafür eine gute Adresse. Wir laden Sie ein, dabei zu sein.

Ich will mehr Natur- und Umweltschutz

Bitte (kopieren und) senden an:

**Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V.,
Friends of the Earth Germany, Am Köllnischen Park 1, 10179 Berlin**

Ich möchte

... mehr Informationen über den BUND

... Ihren E-Mail-Newsletter _____

Ich will den BUND unterstützen

Ich werde BUNDmitglied

Jahresbeitrag:

- Einzelmitglied (ab 50 €) _____
- Familie (ab 65 €) _____
- SchülerIn, Azubi,
StudentIn (ab 16 €) _____
- Erwerbslose, Alleinerziehende,
KleinrentnerIn (ab 16 €) _____
- Lebenszeitmitglied (ab 1.500 €) _____

Wenn Sie sich für eine Familienmitgliedschaft entschieden haben, tragen Sie bitte die Namen Ihrer Familienmitglieder hier ein. Familienmitglieder unter 25 Jahren sind automatisch auch Mitglieder der BUNDJugend.

Name, Geburtsdatum

Name, Geburtsdatum

Ich unterstütze den BUND
mit einer Spende

- Spendenbetrag €
- einmalig
- jährlich

Um Papier- und Verwaltungskosten zu sparen, ermächtige ich den BUND, den Mitgliedsbeitrag/die Spende von meinem Konto abzubuchen. Diese Ermächtigung erlischt durch Widerruf bzw. Austritt.

Name

Vorname

Straße, Hausnummer

PLZ, Ort

Kreditinstitut

Bankleitzahl

Kontonummer

E-Mail, Telefon

Datum, Unterschrift

Ihre persönlichen Daten werden aussch. für Vereinszwecke elektronisch erfasst und – ggf. durch Beauftragte des BUND e.V. – auch zu vereinsbezogenen Informations- und Werbezwecken verarbeitet und genutzt.



Förderhinweis: Diese Publikation wurde finanziell vom Bundesumweltministerium und vom Umweltbundesamt gefördert. Die Förderer übernehmen keine Gewähr für Richtigkeit, Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben und für die Beachtung privater Rechte Dritter. Die geäußerten Ansichten und Meinungen müssen nicht mit denen der Förderer übereinstimmen.

Autorinnen: Georgia Willer und Dr. Rye Senjen, Friends of the Earth Australia, Nanotechnology Project
V.i.S.d.P.: Dr. Norbert Franck · Gestaltung: N & U GmbH

Weitere Infos über Chemiewelt und REACH finden Sie unter www.bund.net

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 86-440 · Text: Patricia Cameron, Katja Vaupel, Jurek Vengels,
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“