

NANOTECHNOLOGIE Je kleiner, desto wirksamer: Winzige Partikel halten Einzug in Medizin und Nahrungsmittel

Therapie nach Zwergenart

GESUNDHEIT Noch steckt die Nanomedizin in den Kinderschuhen, doch Experten prognostizieren ihr eine große Zukunft. Minitransporter schleusen Arzneimittel ungehindert durch Zellmembranen. Solche Möglichkeiten bergen aber auch Risiken

Von Constanze Löffler

Silber kann tödlich sein. Mit dieser Erkenntnis verdient das Nürnberger Medizintechnikunternehmen Bio-Gate sein Geld. Die Firma beschichtet Wundauflagen, OP-Instrumente und Implantate mit Silber, das gefährliche Krankheitserreger abtötet. Kleinste Nanopartikel dringen in die Zellwände der Bakterien ein und zerstören sie dadurch.

In der Entwicklung und dem Einsatz solcher Minipartikel sehen Ärzte, Pharmakologen und Medizintechnikhersteller die Zukunft. Die Nanomedizin ist auf dem Weg, zu einem bedeutenden Industriezweig zu werden. Weltweit liegt Deutschland hinter den USA auf Platz zwei der führenden Nanotechnologiehersteller im Gesundheitsmarkt.

Nanomedizin arbeitet mit Heilmitteln, die ihre Wirksamkeit über die Größe entfalten. Ihre Strukturen sind im Bereich von einem bis 100 Nanometern angesiedelt – der Durchmesser eines Haares ist 80 000-mal größer. Da im Nanokosmos selbst einzelne Körperzellen riesenhafte Gebilde darstellen, können die Teilchen auf eine ganz neue und feine Weise in den Organismus eingreifen.

Stützen für Blutgefäße, Implantate, Biochips zur Analyse, magnetische Zelltrennung: „Nanotechnologie wird in der Medizin immer weiter in die Bereiche Pharma, Diagnostik und Medizinprodukte vordringen“, sagt Siegfried Bialojan, Leiter des European Life Science Center der Unternehmensberatung Ernst & Young. Noch ist die Nanotechnologie eine junge Branche. Erste Produkte aber haben den Markt erreicht. In einer Studie von 2007 zählte Ernst & Young bereits 154 nanobasierte Produkte auf dem weltweiten Life-Sciences-Markt.

In Deutschland hätten Nanoprodukte in der Medizin bereits einen Anteil von ungefähr zwei Prozent, sagt Volker Wagner, zuständig für Technologieführerker-

nung und Marktanalysen beim Technologiezentrum des Vereins Deutscher Ingenieure (VDI). Zukünftig werde der Anteil deutlich steigen. „Bis 2020 auf 15 Prozent“, ist Wagner überzeugt. Schon heute hängen hierzulande in den verschiedensten Bereichen zwischen 50 000 und 100 000 Arbeitsplätze direkt oder indirekt von der Nanotechnologie ab.

Deutsche Nanomedizin-Unternehmen engagieren sich vor allem in der Medizintechnik und Diagnostik – und sind damit europaweit führend. 2007 hatten sie 43 Produkte auf den Markt gebracht, deutlich vor britischen Firmen mit elf und französischen mit fünf Produkten. Bislang gibt es in Deutschland aber noch keine Firma, die reine nanomedizinische Produkte anbietet. Sie sind zumeist nanobasiert. Das heißt, dass bereits bestehende Produkte mit den Kleinstpartikeln schneller, wirksamer oder verträglicher gemacht werden.

Fahren im Körper

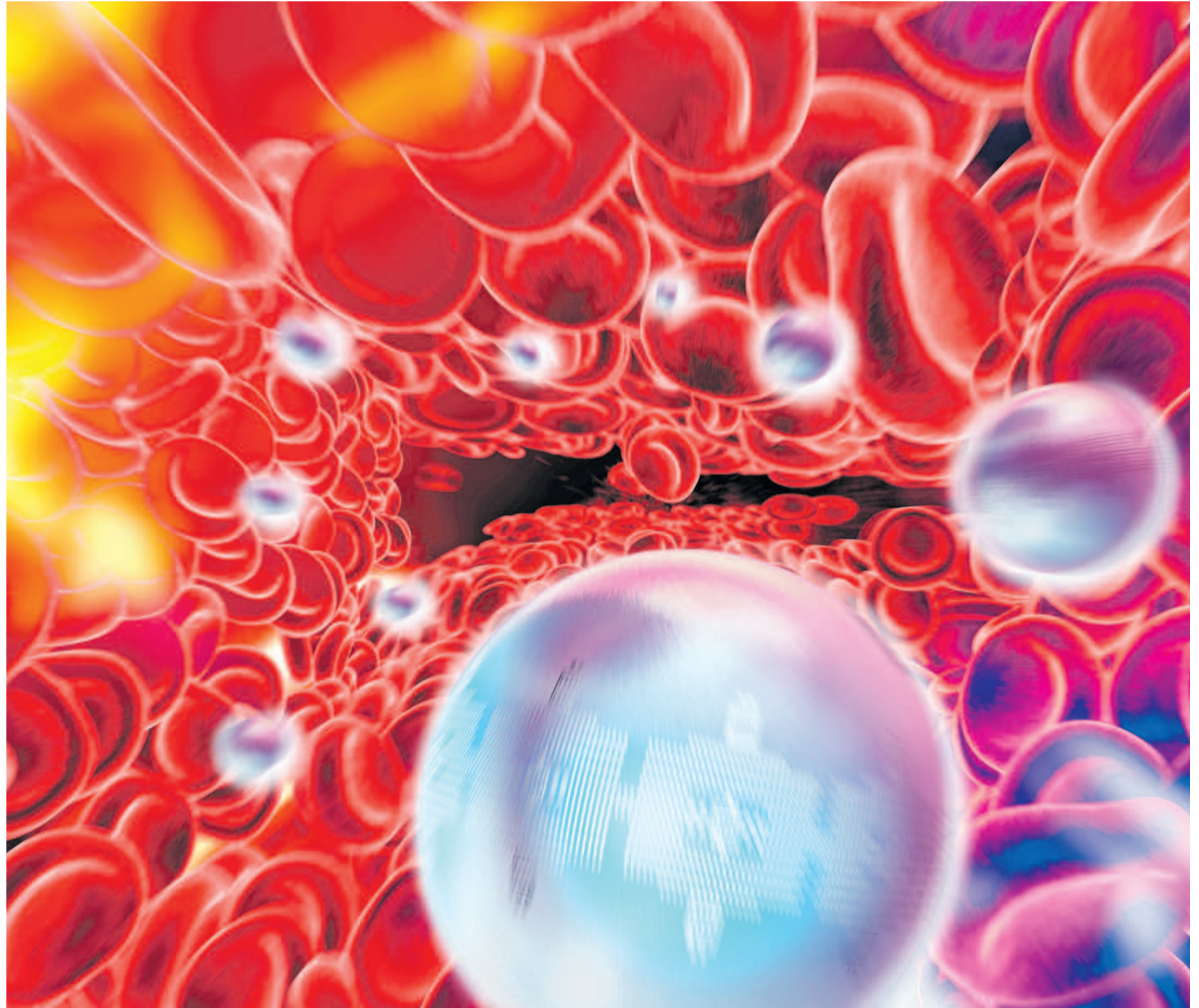
Vor allem setzen Forscher die winzigen Partikel als sogenannte Drug-Delivery-Systeme ein – eine Art zielgenauen Lieferservice. Medikamente haben oft schwerste Nebenwirkungen; sie wirken wenig gezielt und überfluten den ganzen Körper mit der Arznei. Werden die Wirkstoffe an Nanoteilchen gekoppelt, können diese die Arznei ganz ähnlich einer Fähre direkt zu den kranken Zellen bringen. Medikamente werden nur dort freigesetzt, wo sie wirklich wirken sollen.

Starpharma aus Australien treibt derzeit als weltweit erstes Unternehmen die Zulassung für einen reinen Nanowirkstoff voran. Es hat das Scheiden-Gel Vivaigel entwickelt, mit dem Frauen sich vor sexuell übertragbaren Krankheiten schützen können. Das Produkt ist zurzeit noch in der klinischen Erprobung. Doch man kooperiert bereits mit zwei Herstellern, um mit dem Gel künftig auch Kondome sicherer zu machen.

Die Nanohersteller sind im Vergleich zu den Multis am Pharmamarkt Minifirmen – selten beschäftigen sie mehr als 50 Mitarbeiter. „Ihre geringe Größe verdeutlicht den noch jungen Entwicklungsstand dieser Branche“, sagt Unternehmensberater Bialojan. „Kleine Unternehmen haben auf dem Markt gute Perspektiven.“

Retina Implant aus Reutlingen beispielsweise, erst 2003 gegründet, hat ein Netzhautimplantat entwickelt, mit dem erblindete Menschen ihr Sehvermögen teilweise wiedererlangen können. Auf dem Siliziumchip befinden sich winzige Fotosensoren, deren Signale die Nervenzellen der Netzhaut elektrisch stimulieren. Pharma- und Biotechnologieunternehmen kooperieren mit Nanotechnologie-Herstellern auf der Suche nach neuen Wirkstoffen oder deren Verbesserung.

Bevor Produkt oder Therapie wirklich anwendungsbereit sind, kann viel Zeit vergehen. Ein Beispiel dafür ist die Nano-Wärmetherapie der Berliner Magforce Nanotechnologies AG – an der Biochemiker Andreas Jordan seit 20 Jahren arbeitet. Hier dienen Nanoteilchen dazu, bösartige Tumoren zu zerstören. Dafür wird zunächst eine Lösung mit Eisenoxidpartikeln in Nanogröße in den Tumor des Patienten gespritzt. Anschließend bringt ein starkes elektromagnetisches Feld die Nanoteilchen zum Schwingen. Dabei entsteht lokal Wärme bis zu 50 Grad Celsi-



Blutstrom: Nanoteilchen (blau) umschließen Wirkstoffe und liefern sie zielgenau ins kranke Gewebe. Die Verkapselung reduziert die Nebenwirkungen.

us. Das künstliche Fieber verkocht den Tumor von innen heraus. Bereits 150 Patienten wurden mit der Methode behandelt. „Für 2010 erwarten wir die Zulassung der Nano-Wärmetherapie beim Glioblastom, einem sehr aggressiven Hirntumor“, sagt Jordan.

Trojanische Pferde gegen Krebs

In einer zweiten Studie therapieren die Berliner Wissenschaftler Patienten mit Prostatakrebs und mit Tumoren des Verdauungstrakts. Demnächst starten Versuche mit Brustkrebspatientinnen. Gleichzeitig tüfteln die Magforce-Wissenschaftler daran, Nanopartikel als eine Art trojanisches Pferd mit medizinischen Wirkstoffen zu verknüpfen. Durch die Wärmereaktion würden die Miniteilchen dann ihre medikamentösen Inhaltsstoffe freisetzen – zielgenau dort, wo sie auch wirken sollen.

Einen Haken hat die vielversprechende junge Hightech-Branche. Nach wie-

vor ist unklar, wie Nanoteilchen im Körper langfristig wirken. Wird den Zwergen auf Dauer ihre Größe zum Verhängnis? Wie verhalten sich die Miniteilchen, wenn sie im Körper akkumulieren? Was passiert, wenn sie mit menschlichen Eiweißen reagieren? Werden die ursprünglichen Vorteile – die neuartige chemophysikalische Wirksamkeit und das zelluläre Eindringungsvermögen – gar zum Stolperstein der Technologie? Denn mindestens eine mögliche Gefahr ist offensichtlich: Nanopartikel kennen keine körpereigenen Barrieren. Sie sind so klein, dass sie Zellwände überwinden, die Blut-Hirnschranke und bei Schwangeren auch den Mutterkuchen durchdringen.

Mitte Juni ging das Projekt Nano-Care zu Ende. Vier Jahre lang hatte ein interdisziplinäres Forscherteam im Auftrag des Forschungsministerium die Gesundheitsrisiken der Nanotechnologie untersucht. Die Wissenschaftler nahmen elf Nanomaterialien toxikologisch genauer unter die Lupe. Dabei bestätigte sich,

dass Nanopartikel unter Laborbedingungen in alle Zellen eindringen können. Bei anschließenden Tierexperimenten wurden die untersuchten Nanomaterialien aber nur in den Fresszellen der Lunge gefunden. Deren natürliche Aufgabe ist es ohnehin, Fremdstoffe aufzunehmen und aus der Lunge zu entfernen. Zwar ließen sich in den Untersuchungen keine direkten Gesundheitsrisiken aufzufindig machen; dennoch wiesen die Experten ausdrücklich darauf hin, gerade im Bereich der Nanomedizin „das Risiko von Nanoobjekten noch besser abzuschätzen“.

Gefährlich wie Asbestfasern

Bisher gibt es nur in Einzelfällen Belege, dass Nanopartikel die Gesundheit gefährden. Ein Beispiel sind sogenannte Nanotubes. Bei Laborversuchen mit Ratten lösten diese nadelförmigen Konstrukte aus Kohlenstoff im Lungengewebe der Tiere ähnliche Entzündungsprozesse aus wie Asbestfasern.

Am häufigsten kommen Verbraucher bislang über Kosmetika mit Nanoprodukten direkt in Kontakt. In vielen Sonnencremes dienen Nanopartikel aus Zinkoxid und Titandioxid als UV-Blocker. Sie gelten allerdings nach bisherigen Erkenntnissen als harmlos für die gesunde Haut. Dennoch hat die EU kürzlich eine Novellierung der Kosmetik-Verordnung beschlossen, um die Risiken der Nanotechnologie besser kontrollieren zu können. Wollen Hersteller nun Nanopartikel in ihren Produkten einsetzen, müssen sie das bei der EU-Kommission anzeigen und Sicherheitsnachweise vorlegen. Zudem gelten neue Kennzeichnungsregeln: Inhaltsstoffe mit Nano-Charakter müssen auf der Verpackung durch den Zusatz „Nano“ als solche erkennbar sein.

Allen Sicherheitsbedenken zum Trotz sieht sich die Branche als Motor des Fortschritts. Die Nanotechnologie, da ist sich VDI-Experte Wagner sicher, ist vor allem für die Gesundheitswirtschaft die Eintrittskarte in die Zukunft.

NANO WIRKT ANDERS

Das Wort Nano stammt aus dem Griechischen und bedeutet Zwerg. In Forschung und Technik ist heute von Nano die Rede, wenn es um Strukturen geht, die weniger als 100 Nanometer messen. Ein Nanometer ist der **millionste Teil eines Millimeters**. Nanopartikel sind interessant, weil sie in ihrer Mini-Dimension andere physikalische und chemische Eigenschaften entwickeln als im größeren Maßstab. Dahinter steckt ein einfaches Prinzip: Je kleiner ein Teilchen, desto größer ist seine Oberfläche im Verhältnis zum Volumen. Mehr Fläche aber bedeutet mehr Kontakt zur Umgebung. Nanopartikel sind **besonders reaktionsfreudig**. Selbst Gold, das im größeren Maßstab ein inertes Material darstellt, bekommt im Nanoformat oxidierende Eigenschaften. Weil die Wellenlänge des sichtbaren Lichts größer ist als Nanopartikel, bleiben die Teilchen **selbst im besten Lichtmikroskop unsichtbar**. Ein Nachweis ist nur mit Elektronenmikroskopen möglich. Deshalb ist es schwierig, die Verbreitung von Nanoteilchen in der Umwelt zu verfolgen. Zumal sie dank der geringen Größe kaum Grenzen kennen. Manchen gelingt es sogar, ungehindert ins Innere von Zellen zu schlüpfen. Das macht sie als Transporter für medizinische Wirkstoffe interessant. **luh**

Verbraucher sorgen sich ums Essen

ERNÄHRUNG Die Lebensmittelwirtschaft setzt bisher vor allem bei Verpackungsmaterial auf Nanorezepturen

Von Lucian Haas

Aufgepasst bei homogenisierter Milch: Wer ein Glas davon trinkt, kommt automatisch mit dem Nanokosmos in Kontakt. Denn die extrem fein verteilten Milchfetttröpfchen messen gerade einmal 100 Nanometer. Das ist seit Jahrzehnten schon so und – wie die Erfahrung lehrt – offensichtlich nicht gefährlich. Doch sollten Sie als Leser gerade kurz geschluckt haben, belegt das nur ein aktuelles Spannungsfeld: Nanotechnologie und Lebensmittel – das behagt dem Verbraucher nicht. Laut einer repräsentativen Umfrage des Bundesinstituts für Risikobewertung (BfR) stehen 84 Prozent der Deutschen einem Einsatz von Nanoprodukten im Essen eher kritisch gegenüber.

Wie viel Nano heute schon in Lebensmitteln steckt, darüber fehlen eindeutige Erkenntnisse. Klar ist nur, was Sieglinde Stähle vom Bund für Lebensmittelrecht und Lebensmittelkunde (BLL) in Bonn,



Rieselhilfe: Nanofin vermahlene Kieselsäure verhindert das Verklumpen von Salz.

einem Lobbyverband der Lebensmittelwirtschaft, bestätigt: Nanostrukturierte Bestandteile in Lebensmitteln gab es schon, als Nanotechnologie noch gar kein Thema war. Ein Beispiel: Siliziumdioxid, auch Kieselsäure genannt, wird seit über 30 Jahren feinst vermahlen als Rieselhilfe eingesetzt. Es verhindert das Verklumpen von Salz und Gemüsebrühe, findet sich als Zusatzstoff (E 551) aber auch im Ketchup wieder, um dessen Fließigenschaften zu verbessern. Seine Körnchengröße reicht bis in den Nanomaßstab. Dass dies die Gesundheit gefährdet, ist bisher nicht bekannt.

Dennoch gibt es Stimmen, die bei Nano im Essen zu großer Vorsicht mahnen. 2008 präsentierte der Umweltverband BUND eine Studie unter dem Titel „Aus dem Labor auf den Teller“. Darin wird geschätzt, dass heute schon, ohne Kennzeichnung und im Produkt kaum nachweisbar, mehr als 100 Lebensmittel mit Nanozusätzen im Handel sind (solche

mit Rieselhilfe mit eingerechnet). Tendenz steigend. Vor allem für „funktionelle Lebensmittel“ sei die Technik interessant: In synthetischen Nanokapseln ließen sich Zusätze aus Vitaminen, Enzymen oder Omega-3-Fettsäuren leichter in den Körper schleusen. Die damit verbundenen Risiken seien kaum untersucht.

BLL-Expertin Stähle hält dagegen: In den **Entwicklungslabors** werde zwar seit Jahren mit solchen Nanozusätzen experimentiert. Doch das sei Grundlagenforschung. Bis in die Supermarktregale hätten sie es in Europa bisher nicht geschafft. Die Novel-Food-Verordnung der EU schreibt umfangreiche Sicherheitstests für neuartige Nahrungsmittel vor. „Die Zulassung ist teuer“, sagt Stähle. Angesichts dieser Kosten und der Sensibilität der Verbraucher halte sich die Lebensmittelbranche mit dem Einsatz bewusst zurück.

Immerhin will das EU-Parlament dem Verbraucher künftig zu mehr Durchblick

verhelfen. Derzeit wird in Straßburg und Brüssel an der Novelle der Novel-Food-Verordnung gefeilt. Nach dem Willen der Parlamentarier sollen synthetische Nanobestandteile künftig in der Zutatenliste eindeutig mit dem Zusatz „Nano“ kenntlich gemacht werden.

Die weitaus größere Rolle als im Essen spielt Nanotechnologie heute schon bei der Verpackung. „Nano outside“ heißt das im Fachjargon, wenn etwa Folien mit transparentem Titandioxid in Nanoformat dotiert werden, um sie luftdicht und UV-beständig zu machen. Auch viele PET-Flaschen besitzen heute eine nanodünne Silikatschicht, die verhindert, dass Kohlensäure durch den Kunststoff diffundiert. Für den Verbraucher ist so etwas nicht erkennbar. Grund zur Sorge besteht dennoch nicht. Alle Lebensmittelverpackungen werden daraufhin getestet, dass sie inert sind. Sie dürfen den Inhalt weder chemisch verändern noch erkennbar Stoffe daran abgeben.