



## 2-3/2008

Wissenschaftlicher Informationsdienst des Europäischen Institutes für Lebensmittel- und Ernährungswissenschaften (EU.L.E.) e.V.  
Der EU.L.E.n-Spiegel ist **unabhängig** und **werbefrei**.  
14. Jahrgang, 10. Juni 2008 – [www.das-eule.de](http://www.das-eule.de)

ISSN 1863-1495

## Nanotechnologie Homo fabber

Von Udo Pollmer

Die Nanotechnologie ist nicht etwa eine Technik, die zuvörderst neue Kosmetikversprechen ermöglicht oder atmungsaktive Slips. Ihre Folgen sind spektakulärer: Sie revolutioniert ganz allgemein die Art und Weise, wie wir Güter produzieren. Dabei sprengt sie unsere gewohnten Vorstellungen von „klein“. So wie Viren keine kleinen Bazillen sind, so sind technische Nanopartikel keine besonders feinen Stäube. Es sind trotz ihrer Winzigkeit komplex strukturierte Materialien, die eigenen Gesetzen folgen – Gesetzen, die in erster Linie von der Quantenphysik bestimmt werden.

Da auch viele Strukturen einer lebenden Zelle wie Ribosomen oder Zellmembranen definitionsgemäß Nanostrukturen sind, ist diese Wissenschaft zudem in mancher Hinsicht näher am Verständnis des Lebens und seinen biologischen Gesetzmäßigkeiten als die Gentechnik. Und schon formen Gentechnik, Computertechnik und Nanotechnologie neue Fachgebiete und Anwendungsfelder wie die synthetische Biologie, die Nanofactories oder das DNA-Computing. In den Büros haben bereits Fabber („3-D-Drucker“) Einzug gehalten: Durch schichtweises Auftragen von Kunststoffpartikeln drucken sie Gegenstände aller Art – von Gartenzweigen für den Hausgebrauch bis hin zu komplexen Modellen für den Architekten. Nun wird daran gearbeitet, dieses Prinzip ganz allgemein zur Produktion von Waren zu nutzen. Am Ende sollen nach dem Vorbild des Personal Computers so genannte „Personal Nanofactories“ in jedem Haushalt nach Bedarf frische Designerwäsche, Solarbohrmaschinen oder Computer erzeugen.

### Organspende aus dem Drucker

Indem er die Farbpatrone eines handelsüblichen piezoelektronischen Tintenstrahldruckers mit lebenden Zellen (also Nanopartikeln) füllte, versuchte Paul Calvert von der University of Massachusetts erstmals, in das Gebiet der Erzeugung künstlicher Organe vorzudringen. Zur allgemeinen Verblüffung gelang es ihm damit, die Zellen präzise anzuordnen. Das Ergebnis präsentierte letztes Jahr das Wissenschaftsmagazin *Science* – allerdings noch zweidimensional auf

<b>Nanotechnologie</b>	
Ein Fass ohne Boden	3
Die Welt der Nanoteilchen	17
Ohne Quanten kein Nano	25
<b>Alkohol</b>	
Da wird's warm ums Herz	29
<b>Ökolandbau</b>	
Bio-Alpträume	31
<b>Facts und Artefacts &amp; In aller Kürze</b>	33
Dick durch die Wende?	
Speisepilz wird Giftpilz	
Allergien durch Peelings	
Krebs: Schutzfaktor Sonne	
Rindfleisch:	
Roulette statt Roulade	
Faule Fische	
<b>EU.L.E. auf Entenjagd</b>	40
<b>Impressum</b>	24

traditionellem Papier. Bis auf diesem Weg tatsächlich Spenderorgane erzeugt werden können, ist es freilich noch ein langer Weg. Aber die Tür ist offen. Nichts anderes gilt für den Versuch, Teile der DNA als Bauelemente für Nanomaschinen zu verwenden. Denn die DNA hat die Fähigkeit, sich selbst zu reproduzieren. Mittels Nanotechnologie soll sie dazu genutzt werden, Moleküle in großen Stückzahlen zu fertigen. Damit würde man den Nanofactories ein beträchtliches Stück näher kommen.

Mit dem DNA-Computing sollen die Ähnlichkeiten, die mathematische Operationen und biologische Reaktionen haben, für Rechenprozesse genutzt werden, um die Leistung fast ins Unermessliche zu erhöhen. Die DNA stellt  $10^{12}$ -mal mehr Speicher zur Verfügung als Siliziumchips und erlaubt  $10^{15}$ -mal so viele Rechenoperationen pro Sekunde. Inzwischen ist es um das DNA-Computing etwas stiller geworden. Es sind wohl noch erhebliche Hürden zu überwinden, um die hochgesteckten Erwartungen erfüllen zu können. Als wichtigstes Einsatzgebiet des DNA-Computings wird nun die Kryptographie genannt. Damit unterliegt dieser Forschungszweig allerdings auch militärischer Geheimhaltung.

### **Nano als Waffe**

Längst haben die Militärs dieser Welt ein begehliches Auge auf „Nano“ geworfen. Dieser Technikbaukasten wird die Kriegführung nachhaltig verändern. Nicht nur, weil sich mit Nanosensoren B- und C-Waffen aufspüren lassen oder weil spezielle Kampfanzüge „geschneidert“ werden können, die die Muskelkraft des Soldaten erhöhen. Es gibt in der Tat bereits elektroaktive Polymere, die – ähnlich wie menschliche Muskeln – Bewegungen ausführen können und dabei eine erstaunliche Kraft an den Tag legen. Ein Spezialanzug würde dann aus einem müden Infanteristen einen Supermann machen. Viel wichtiger ist die Entwicklung von Nanowaffen – nennen wir sie N-Waffen. Ein populäres Beispiel sind kleine, unbemannte, bewaffnete Vehikel, die von Fabern in großen Stückzahlen gedruckt werden. Der Phantasie sind hier kaum noch Grenzen gesetzt. Schon unter den bestehenden Waffensystemen dürfte es keins geben, das nicht durch Nano effektiver würde.

Es ist zwar unwahrscheinlich, dass durch Nanocomputing und elektroaktive Polymere Mensch und Motor auf dem Schlachtfeld überflüssig werden, aber wenn Soldaten ersetzt werden können, dann würde alsbald auch die arbeitende Zivilbevölkerung überflüssig. Doch bevor die Nanotechnik Industrien umkrepelt oder Schlachten entscheidet, wird die notwendige Kenntnis der physikalischen Gesetze in gleicher Weise auch die Denkmuster der nächsten Generation verändern, die mit Nano aufwachsen wird. Das moderne „virtuelle“ Weltbild der Jüngeren, das von Hardware und Software, von Bits und Bytes geprägt ist, wird bald Zeichen eines „überholten“ Denkens sein. So wird die Nanotechnologie auch die Art und Weise, wie unsere Naturwissenschaften die „feinstoffliche“ Welt sehen und interpretieren, von Grund auf erneuern.

# Nanotechnologie in Lebensmitteln: ein Fass ohne Boden

Von Udo Pollmer, Monika Niehaus und Andrea Fock

Die US National Nanotechnology Initiative definiert Nanotechnologie als das „Verstehen und Kontrollieren von Materie in Dimensionen von rund 1 bis 100 Nanometer, bei denen einzigartige Phänomene neue Anwendungen ermöglichen“.42 Diese einzigartigen Phänomene sind sowohl technischer als auch biologischer Art. Die genannten 100 Nanometer sind dabei keine starre Grenze, sondern nur der Versuch einer praktikablen Regelung. Um eine Vorstellung von den Größenverhältnissen zu bekommen: Ein Nanopartikel verhält sich zur Größe eines Fußballs so wie ein Fußball zu unserer Erdkugel. Geprägt wurde der Begriff „Nanotechnologie“ 1974 vom japanischen Forscher Norio Taniguchi.

Ursprünglich wollten wir die Bedeutung der Nanotechnologie für die Herstellung von Lebensmitteln charakterisieren und die von ihr ausgehenden Risiken bewerten. Doch das erwies sich als schwieriger als gedacht. Vor uns hatten sich darum schon andere Institutionen mit weitaus größeren Ressourcen bemüht, allen voran die amerikanische Umweltbehörde EPA oder das Woodrow Wilson International Center, das international als feste Größe in Sachen Beobachtung und Bewertung der Nanotechnologie gilt. Dieses kam zu einem wenig erfreulichen Ergebnis: „Mit dem gewählten Ansatz und weil es Lücken im Gesetz gibt, ist die EPA nicht einmal in der Lage herauszufinden, bei welchen Substanzen es sich um Nanomaterialien handelt, geschweige denn ob sie ein Risiko darstellen.“21 Da ist es nur folgerichtig, wenn auch das deutsche Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) die Frage, ob die Nanotechnologie im Lebensmittelbereich ein Fortschritt mit Risiken sei, „nicht klar beantworten“ kann.20

Es gibt demnach zwei Gründe, die das Feld so schwierig gestalten: Erstens weiß man nicht, wo Nanotechnologie eingesetzt wird, und zweitens weiß man nicht, wie ihre Produkte im menschlichen Körper wirken. Um nicht in uferlosen und nebulösen Spekulationen zu enden, erscheint es uns sinnvoll, anhand mehr oder weniger bekannter Einzelfälle potenzielle Risiken zu diskutieren.

## Antischuppenmittel für Fische

Im Mittelpunkt der Nanotechnologie stehen nicht Lebensmittel, sondern allerlei technische Anwendungen; dazu kommen jede Menge Putz- und Pflegemittel für Haushalt und Pkw, antibakterielle Türklinken und schmutzabweisende Jacken. Auch wenn das natürlich keine Lebensmittel sind, werden sie in dem Augenblick zum Thema für den Analytiker, in dem sich das Nanoputzzeug oder die Nanokosmetik via Abwasser in der Nahrungskette anreichert.23 Denken Sie nur an die vielen Sonnenschutzmittel mit Nanozinkoxid. Es wurden in den letzten Jahren schon einige UV-Filtersubstanzen aus Sonnenmilchen in erheblicher Menge in Speisefischen gefunden.41 Wir können also die Ankunft der Nanokosmetik in den Forellen und Plötzen gelassen abwarten. Wie wär's mit einem Antischuppenmittel? Single Wall Carbo Nanotubes (SWCNT, siehe Seite 21) reichern sich in Fischen an.43 Jetzt brauchen wir nur noch ein bisschen Analytik für diese Stoffe im Nanozustand sowie eine Handvoll neckischer Grenzwerte – und schon haben wieder ein paar Lebensmittelchemiker ihr Auskommen gesichert.

Da Sonnenmilchen direkt auf die Haut aufgebracht werden, ist auch der direkte Weg des Nanozinkoxids in den Körper nicht zu vernachlässigen. Zwar werden Sonnencremes schon lange mit gewöhnlichem Zinkoxid versetzt, um die Haut des Sonnenanbeters zu schützen. Doch das Zinkoxid reflektiert das einfallende Sonnenlicht im sichtbaren Spektrum und ist daher normalerweise weiß. Ob Penatencreme oder Sunblocker, die leimige weiße Paste schmiert sich mancher nur mit Widerwillen auf die Haut. Hier sorgt die Nanotechnologie für Abhilfe: Nanozinkoxidpartikel sind gerade noch groß genug, um das kurzwellige UV-Licht abzublocken, jedoch bereits zu klein, um das längerwellige sichtbare Licht abzufangen. Dadurch sind sie für unser Auge transparent.61

Zwar heißt es, dass die Nanokosmetik nicht in die lebenden Hautzellen eindringt, aber angesichts der vielfältigen kosmetischen Formulierungen – mit Liposomen, starken Emulgatoren usw. – ist hier vermutlich noch nicht das letzte Wort gesprochen. Denn während