

Kleine Teile mit großen Unbekannten

Die Nanotechnologie ermöglicht den Einsatz neuer Stoffe, in Cremes ebenso wie auf Solarzellen. Über das Risiko ist wenig bekannt

Von Marlene Weiss

Angenommen, ein Erfinder baut ein Paar winzige Roboterhände. Mit diesen Hilfshänden könnte er kleine Werkzeuge und mit diesen noch kleinere Roboterhände bauen und steuern, die wiederum noch kleinere . . . und am Ende hätte der fleißige Erfinder eine Minimaschine. So stellte sich der US-Physiknobelpreisträger Richard Feynman im Jahr 1959 in einem Gedankenexperiment den Zugang zur Nanotechnologie vor – nicht der einfachste, aber ein denkbarer Weg. Titel des Vortrags: „Es ist noch viel Platz da unten“. Es dauerte jedoch noch fast 50 Jahre, bis diese Welt der kleinen Dinge sich bevölkerte. Selbst heute sind erst einige Gebiete von uns Riesen kolonialisiert, während andere sich noch nicht erschließen lassen oder nur um einen horrenden Preis.

Schließlich ist Nano nicht gleich Nano. Eigentlich verbindet den Zoo der eingesetzten Teilchen nur eines: Sie sind klein, sehr klein. Als Nanomaterial gilt alles, was in mindestens einer Richtung weniger als 100 Nanometer misst, etwa 700 Mal weniger als ein menschliches Haar.

Die Winzlinge können Schmutz oder Bakterien abweisen

Würde man einen Golfball auf den Münchner Marienplatz legen und die ganze Stadt mit allem Drum und Dran auf Golfballgröße schrumpfen lassen, wäre der ursprüngliche Golfball ein Nanopartikel mittlerer Größe. Mit bloßem Auge könnte man in der geschrumpften Stadt eben noch das Rathaus sehen. Aber die Winzlinge haben besondere Eigenschaften: Sie machen zum Beispiel Materialien stabiler, Chemikalien löslich, oder können Schmutz und Bakterien abweisen.

Viele Branchen kommen nicht mehr ohne sie aus. „Es gibt immer zwei Seiten, den Technology-Push und den Market-Pull“, sagt Christian Böhme vom Chemiekonzern BASF. Ein Schieben und Ziehen: Anbieter drücken mit neuen Materialien von unten, und die Nachfrage nach Produkten, die auf diese Materialien angewiesen sind, zerrt von oben. In der Chemie- und Materialindustrie hat das in den vergangenen zehn Jahren ziemlich gut funktioniert, viele Lacke, Kunststoffe und Beschichtungen mit Nano-Strukturen oder Nano-Partikeln wurden auf den Markt gehievt. Bei Sonnencremes und Kosmetika sind unsichtbare Titan- und Zinkdioxidpartikel in Nanogröße als UV-Schutz bei den meisten Herstellern längst üblich. Auch das Potential von Kohlenstoff-Nanoröhren ist mit Dingen wie superstabilen Eishockeyschlägern wohl noch lange nicht ausgeschöpft.



Noch sind es Batterien, die mobile Geräte wie Handys oder Laptops mit Strom versorgen. In Zukunft könnten sie durch Minibrennstoffzellen ersetzt werden. Möglich machen dies Nanowürfel, die Wasserstoff speichern können. Foto: BASF

BASF arbeitet zudem an organischen Solarzellen auf Nanostruktur-Basis, die sich etwa als Solarzellen-Folien für Hausfassaden verwenden lassen, oder als transparente Solarpaneele für Fenster. Ein weiterer Schwerpunkt sei die Sicherheitsforschung, teilt das Unternehmen mit.

Die wird jedoch dadurch erschwert, dass stets neue Produkte entwickelt werden, während die Industrie ihre Daten nur ungern herausruckt. „Bei den Kosmetika haben wir immer mit würfelförmigen oder quaderförmigen Partikeln gearbeitet, bis wir erfahren haben, dass längst stäbchenförmige eingesetzt werden“, sagt Wolfgang Krejling irritiert. Am Helmholtz-Zentrum München untersucht er Gesundheitsrisiken durch Nanopartikel. Zwar ist noch weitgehend unklar, ob und wie Nanopartikel im Körper Schaden anrichten. „Aber unser Unwissen hat noch ein so hohes Niveau, dass man nicht zur Ta-

gesordnung übergehen kann“, sagt Krejling. So haben Laborversuche gezeigt, dass Nanoteilchen Entzündungsreaktionen auslösen können, wenn sie in den Körper gelangen. Zudem können sie sich dort über den Blutkreislauf fast ungehindert bewegen und vereinzelt sogar Barrieren wie die Blut-Luft- oder die Blut-Hirnschranke überwinden. Eingeatmete Nanoteilchen können die Lunge schädigen.

Nano-designte Lebensmittel sind bislang noch Ausnahmereisungen. Zwar gibt es einzelne Produkte, etwa ein israelisches Rapsöl, das Nanokügelchen mit sogenannten pflanzlichen Sterolen enthält, die die Cholesterinaufnahme hemmen sollen. Auch der Nahrungsmittelriese Nestlé stellt eine mit Pflanzensterolen versetzte Milch her, jedoch auf andere Weise. „Wir können alle unsere Produkte ohne Nanotechnologie herstellen und forschen nicht in diesem Bereich“, sagt Hilary Green von Nestlé Research Center in

Lausanne. „Aber das ist sehr interessant, wir beobachten die Entwicklung.“ Kraft Foods und Unilever äußern sich ähnlich. Wenn schon jetzt Nano-Gefahr aus dem Lebensmittelregal droht, dann von vertrauten Produkten: Seit Jahrzehnten ist Siliziumdioxid (E551) als Riesel- und Fließhilfe erlaubt, etwa für Speisesalz oder Ketchup. Doch bei der Herstellung entstehen Nanopartikel; und obwohl diese zu größeren Strukturen verklumpen, ist nach Ansicht von Experten noch lange nicht erwiesen, dass sie harmlos sind.

Sicher ist nur, dass Nanotechnologie weiter an Bedeutung gewinnen wird. Die US-Wissenschaftsorganisation National Science Foundation (NSF) schätzt das weltweite Volumen des Nano-Marktes im Jahr 2009 auf 254 Milliarden Dollar. 2015 sollen es 1,5 Billionen Dollar pro Jahr sein. Nur ein Prozent der Umsätze wird jedoch direkt mit Nanomaterialien gemacht, elf Prozent mit Nano-verbesser-

ten Produkten wie Lacken und Kunststoffen. Der überwältigende Rest entfällt auf Produkte, die durch Nanotechnologie ermöglicht werden. Da wird schon mal ein ganzes Elektroauto mitgezählt, weil die Batterie Nanotechnologie enthält.

Noch haben die USA den größten Marktanteil, gefolgt von Europa, aber Asien – vor allem China – holt auf. Europa ist besonders bei Nanomaterialien stark. Eine Revolution wird dort jedoch vorerst nicht erwartet: „Der Boom der Nanomaterialien ist vorbei, das künftige Wachstum liegt im Bereich Arzneimittel und Gesundheit“, schrieb die auf Nanotechnologie spezialisierte Beratungsfirma Cientifica im Jahr 2007. Zudem setzt die europäische Industrie Nanotechnologie zögerlicher um als die US-Konkurrenz. Dafür kann man hier steuern: Die EU fördert derzeit verstärkt etwa Nanoelektronik, Nanomedizin und Nanotechnologie für erneuerbare Energien.

„Deutschland belegt einen Spitzenplatz“

Wie die Politik die Nanotechnologie fördern will, erklärt Ernst Burgbacher, parlamentarischer Staatssekretär im Bundeswirtschaftsministerium.

SZ: Im „Aktionsplan Nanotechnologie“ der Bundesregierung ist besonders vom Mittelstand die Rede. Können diese Unternehmen das denn überhaupt?

Burgbacher: Aber ja. Der Mittelstand ist ganz vorne mit dabei, wo es um technische Entwicklungen geht, es ist ein Irrtum, dass das immer nur die Großen machen. Das Wirtschaftsministerium hat kleine und mittlere Unternehmen (KMU) im Nanotechnologie-Bereich in den letzten drei Jahren mit 40 Millionen Euro unterstützt.

SZ: Konzentriert sich die Förderung auf besondere Bereiche?

Burgbacher: Nein, das Ministerium gibt nicht vor, was gemacht werden muss. Die Bundesregierung fördert aber bewusst auch Sicherheits- und Risikoforschung. Deutschland belegt in der Nanotechnologie einen Spitzenplatz, den wollen wir halten: 60 000 Industriearbeitsplätze hängen davon ab, und es gibt enormes Potential für die Zukunft. Weltweit rechnet man bis 2015 mit einem Marktvolumen von einer Billion Euro.

SZ: Trotzdem sehen viele die Technologie kritisch. Verstehen Sie die Ängste?

Burgbacher: Diese diffusen Ängste gibt es ja in vielen Bereichen, zum Beispiel in der Gentechnik. Aber wenn jemand an Diabetes erkrankt, ist er froh, dass er gentechnisch hergestelltes Insulin bekommt. Auch bei der Nanotechnologie wird es weitere segensreiche Anwendungen in der Medizin geben. Natürlich verstehe ich, dass Menschen sensibel sind, vor allem, was Nahrung und Kosmetik betrifft. Aber wir haben heute auch die Möglichkeiten zu einer wirklich fundierten Risikoabschätzung, und die werden wir nutzen.

SZ: Wieso gibt es noch immer keine klare Definition von Nanomaterialien?

Burgbacher: Wir unterstützen die Arbeit der EU-Kommission, europaweit eine rechtssichere Definition von Nanomaterial zu etablieren. Die Forderung nach einer eigenen Kennzeichnung oder einem EU-Melderegister finde ich nicht sinnvoll. Auch separate Zulassungsanforderungen halte ich für unnötig.

SZ: Das heißt, Sie sehen gar keinen gesetzlichen Handlungsbedarf?

Burgbacher: Nein. Wir sollten die potentiellen Risiken von Nanomaterialien im Rahmen des bestehenden Stoffrechts erfassen und kontrollieren.

SZ: Die Bundesregierung will auch einen „Dialog mit der Öffentlichkeit“ führen. Wie muss man sich das vorstellen?

Burgbacher: Wir müssen genauer informieren. Inzwischen wird „Nano“ von manchen Seiten zum Schreckbegriff hochstilisiert. Dabei wissen ganz viele Menschen gar nicht, was das ist. Deshalb ist es unsere Aufgabe, den Leuten zu sagen, was man darunter versteht, und offen über Chancen und Risiken diskutieren. Das muss die Politik tun, und die Wirtschaft auch. Aber auf eine Flasche zu schreiben: „Enthält Nano“ – das wäre nun wirklich Unsinn.

Interview: Marlene Weiss

INNOVATIVE TECHNOLOGIEN

Verantwortlich: Werner Schmidt
Redaktion: Andreas Remien
Anzeigen: Jürgen Maukner

Transporter mit Zielsuche

Nanoforscher arbeiten daran, mit Hilfe kleinster Strukturen Medikamente verträglicher und effizienter zu machen

Das Netz der Adern im menschlichen Körper ist verzweigt, unübersichtlich und weitläufig: auf geschätzte 100 000 Kilometer würde es sich erstrecken, wenn man alle Blutgefäße aneinanderreihen würde, die anderthalbfache Strecke des europäischen Autobahnnetzes. Damit müssen sich Nanoforscher herumschlagen, die herkömmliche Medikamente mit neuen Vehikeln verbessern wollen.

Die Probleme beginnen schon beim Einschleusen der Wirkstoffe ins Transportnetz. Viele Krebsmedikamente sind beispielsweise kaum wasserlöslich. Zwar gibt es Lösungsmittel, aber die sind zum Teil noch schlechter verträglich als der Wirkstoff selbst, der für den Organismus auch kein Zuckerschlecken ist. „Bei manchen Medikamenten begrenzen die Nebenwirkungen des Lösungsmittels die Dosis“, sagt Robert Luxenhofer, Chemi-

ker an der TU Dresden. Mit Kollegen in Dresden und den USA entwickelt er Nanostrukturen, in die sich herkömmliche Wirkstoffe sparsamer verpacken lassen.

Die Wissenschaftler arbeiten unter anderem mit dem Brustkrebs-Wirkstoff Paclitaxel: Im herkömmlichen Medikament kommen auf ein Gramm Paclitaxel katastrophale 100 Gramm Lösungsmittel. Es gibt zwar schon seit einigen Jahren eine Nanovariante namens Abraxane, die den Wirkstoff an das körpereigene Eiweiß Albumin bindet. „Damit braucht man aber immer noch zehn Gramm Albumin, um ein Gramm Wirkstoff zu lösen“, sagt Sasha Kabanov, Nanomediziner an der Universität von Nebraska, der am Projekt beteiligt ist. Jetzt wollen die Forscher ein Wirkstoff-Verpackungs-Verhältnis von 1:1 erreichen, mit sogenannten Polymer-Mizellen: Ketten von Mole-

külen, die ein wasserlösliches und ein wasserabweisendes Ende haben. In Wasser arrangieren sie sich zu Nanokügelchen, mit dem wasserabweisenden Ende auf der Innenseite. In der Mitte wird der Wirkstoff aufgenommen.

„Das ist momentan sehr sexy, aber auch sehr teuer“

Als nächstes wollen die Wissenschaftler den zielgerichteten Transport in Angriff nehmen; also Medikamente direkt zum Tumor lotsen. Dafür gibt es verschiedene Ansätze: Man kann den Wirkstoff mit einer sogenannten Zielsuchfunktion ausstatten, etwa mit einem sogenannten monoklonalen Antikörper, der nur an be-

stimmten Stoffen auf der Oberfläche von Krebszellen haften bleibt. „Das ist momentan sehr sexy, aber auch sehr teuer“, sagt Robert Luxenhofer. Zudem funktioniert es nicht immer wie gewünscht. Eine ähnliche Methode ist, das Medikament mit manipulierter Folsäure zu kombinieren. Die wird von Krebszellen ungleich besser aufgenommen als von anderen Körperzellen – im Tumor kommt also mehr vom Wirkstoff an als anderswo. Und man kann den Wirkstoff in Nanopackete verpacken, die so groß sind, dass sie nur die typischerweise löchrigen Wände von Krebszellen durchdringen. Solche Medikamente sind schon auf dem Markt, das erste war Doxil im Jahr 1996.

Kostas Kostarelos, Chef des Londoner Nanomedizin-Zentrums Nanomedicine Lab, ist von all dem nicht sonderlich beeindruckt. „Das ist doch alles altes Na-

no“, sagt er abfällig. Tatsächlich ist die Technologie zum Teil nicht neu, aber die Entwicklung eines Medikaments dauert nun einmal Jahrzehnte. Kostarelos' Leidenschaft jedoch gilt dem „neuen Nano“, wie er es nennt: Kohlenstoffnanoröhren zum Beispiel, die Erbgut-Sequenzen direkt zu beschädigten Nervenzellen transportieren, erst kürzlich hat er dazu eine Arbeit in der renommierten Zeitschrift *PNAS* veröffentlicht. Auch Gold-Nanopartikel ließen sich einsetzen, oder winzige Halbleiterkristalle. Sogar mit dem zweidimensionalen Kohlenstoff-Material Graphen arbeitet Kostarelos, auch wenn er noch nicht weiß, wo das hinführt: „Das ist überhaupt das Aufregendste!“ Nur den Patienten werde das so bald nichts bringen, räumt er ein – da sei es vorerst doch schneller, das „alte Nano“ weiter zu verbessern. *Marlene Weiss*

AUTO-MOBILES INTERNET.

BMW ist der erste Automobilhersteller der Welt, der internetbasierte Mobilitätsdienste in allen Baureihen anbietet. So haben Sie auch unterwegs das weltweite Datennetz immer zur Hand: Reservieren Sie ein Hotelzimmer oder einen Tisch zum Abendessen, überprüfen Sie die Informationen zu Ihrem Flug, finden Sie die besten Cafés und vieles mehr. Wie das geht? Mit dem optional erhältlichen BMW Online, einem von vielen innovativen Diensten von BMW ConnectedDrive. Mehr unter www.bmw.de/Innovationen

BMW ONLINE. IDEEN. INNOVATIONEN. FAHRFREUDE.

BMW ConnectedDrive
Komfort | Infotainment | Sicherheit