

Die Alchemisten der Zukunft

Nanotechnologen erforschen und kontrollieren die Welt der Atome und Moleküle. Immer mehr Produkte gelangen auf den Markt. Bisher gibt es dafür aber keine Risikoabschätzung.

Von Barbara Reye

Draussen ist es warm, die Menschen sitzen im Strassencafé. Ein paar Autos fahren vorbei, die aber keinen Feinstaub oder giftige Abgase erzeugen, weil sie mit modernen, Platz sparenden, nanotechnischen Brennstoffzellen laufen. Auch Pollen-Allergiker geniessen das milde Wetter, ohne ständig laut zu niesen und andere Leute aufzuschrecken. Denn der implantierte Nasenfilter, der für sie individuell die Luft reinigt, wirkt tatsächlich.

Und da kommt auch schon das leckere Vanille-Glace, das durch unsichtbare Partikel vor zu starker Sonnenstrahlung geschützt ist und nicht so schnell schmilzt. Alles scheint perfekt zu sein. Sogar der Rücken tut nicht mehr weh, weil elektrisch leitende Fasern im Pullover die verspannten Muskeln immer wieder behutsam mit ein paar Volt stimulieren. Gut ist zudem, dass Türklinken, Tische und Stühle mit antibakteriell wirkenden Teilchen versetzt sind und man dadurch seltener Krankheitserreger aufschnappt. Auch auf der Oberfläche der wenigen, noch im Umlauf befindlichen Geldmünzen, die eigentlich nur noch fürs Trinkgeld dienen, sitzen neuerdings solche Silberatome.

Winzige Tausendsassa

Bereits schon bald könnte der Alltag so aussehen. Denn die Wissenschaftler der Industriestaaten setzen zurzeit alles auf das geradezu magische Wort «Nano», das vom griechischen «nanos» für «Zwerg» stammt und das Reich zwischen der makroskopischen Welt sowie den elementaren Bausteinen der Materie darstellt. Die Forscher versprechen sich von der neuen Technologie enorme Fortschritte in der Elektronik, der Chemie, dem Automobilbau, der optischen Industrie und dem Gesundheitsbereich.

Ein Nanometer ist ein Milliardstel Meter, also unendlich klein. Zum Vergleich: Das Verhältnis von einem einen Nanometer kleinen Zuckermolekül zu einem Tennisball ist etwa so wie das eines Tennisballs zur Erde. Das Faszinierende an den chemischen Winzlingen ist, dass Materie im Nano-Bereich neue und oft unerwartete Eigenschaften zeigt. So lassen sich durch das gezielte Verändern und Anordnen einzelner Atome oder Moleküle kleinere, leichtere, schnellere und leistungsfähigere Materialien, Komponenten und Systeme entwickeln.

«Auf den ersten Blick wird sich in unserem Leben in der nahen Zukunft erst einmal nicht viel dramatisch ändern», sagt der Physiker Gerd Bachmann vom VDI-Technologiezentrum in Düsseldorf. Erst beim genauen Hinsehen würde man es merken. Auch heute stecke schon in vielen Dingen «Nano» drin. Zum Beispiel in einigen Sonnencremes oder Kosmetika. Denn mit Nano-Partikeln lässt sich das UV-Licht im Gegensatz zu konventionellen, organischen UV-Blockern wesentlich besser reflektieren oder absorbieren, was einen effizienteren Schutz vor Hautkrebs bietet.

Während die neue Technologie mit all ihren fantastischen Möglichkeiten von den Nano-Forschern selbst als Grundstein der industriellen Revolution von morgen gelobt wird und sie

darin enorme Entwicklungspotenziale sehen, weisen Kritiker auf ungeklärte Risiken hin. Was passiert mit solchen massgeschneiderten Nano-Teilchen im Körper oder in der Umwelt? Können sie schädlich sein? Sich anreichern und langfristig eine Gefahr bedeuten?

Durch die Lunge ins Blut

«Anorganische Partikel wie Titandioxid in Sonnencremes betrachte ich als kein grosses Problem für den Menschen, weil sie über die Haut vermutlich nicht aufgenommen werden», sagt der Biologe Peter Gehr vom Anatomischen Institut der Universität Bern. Schlimm seien dagegen Teilchen, die eingeatmet werden. Denn dort habe man gesehen, dass sie in der Lunge relativ leicht durch die sehr dünne Gewebeschicht von circa einem Tausendstel Millimeter ins Blut gelangen können. Ausserdem stellt die Lunge mit einer Gesamtfläche von rund 140 Quadratmetern im Gegensatz zu den nur 2 Quadratmetern Hautoberfläche ein riesiges «Einfallstor» dar. Laut Peter Gehr müsste man deshalb konsequenter Weise sofort mit dem Rauchen aufhören, weil dies nach wie vor der stärkste Partikel-Beschuss sei, bei dem Lungengewebe absterben kann.

Dies bestätigt auch der Biologe Harald Krug von der Empa in St. Gallen, der ebenfalls Untersuchungen zur Toxikologie von Nano-Teilchen macht. Weil es für die neue Technologie bisher aber nur einzelne Studien und noch keine vollständige Risikoabschätzung gebe, sollte man lieber vorsichtig damit umgehen und sich bei den Anwendungen stets im Vorfeld überlegen, ob sie wirklich notwendig seien. Beispielsweise hält Krug den Einsatz von Nano-Bakteriziden auf Silberbasis in Seifen und Zahnpasta für problematisch. Denn Silber kommt anders als Titan, Zink oder Silizium in der Natur nur selten vor und ist zudem sehr reaktiv. Auch bei völlig neuartigen Materialien etwa aus Kohlenstoff, den so genannten Nanotubes und Buckyballs, sollte man aufpassen, weil sie im Körper und in der Natur nur schwer abbaubar sind.

Als Faustregel gilt derzeit, dass Nano-Teilchen, die fest in ein Material gebunden sind und nicht losgelöst irgendwie versprüht oder fein verteilt werden, generell weniger bedenklich sind. «Genauer, wie sie Zellen schädigen können, wissen wir leider noch nicht», sagt die Physikerin Viola Vogel von der ETH Zürich, die lange Zeit in den USA lebte und für die Regierung von Bill Clinton die US-Nanotechnologie-Initiative mit vorbereitete. Sie gehört mit zu den Pionieren, die erforschen, wie biologische Nano-Systeme für medizinische und technische Anwendungen genutzt werden können. Ferner baut sie heute zusammen mit ihrem Team ein «Nano-Transportsystem», das einst molekulare Frachtstücke aufnehmen und zu einem ausgewählten Ort hinbringen soll.

Bisher ist Viola Vogel ihrer Vision schon ein grosses Stück näher gekommen. Denn es gibt bereits erste «Fahrzeuge», die getrieben von so genannten Kinesin-Motorproteinen Lasten in künstlichen Umgebungen transportieren können. «Unsere Nano-Transportsysteme funktionieren jedoch noch lange nicht so gut wie diejenigen in unserem Körper», gibt Vogel zu Bedenken. Denn solche zellulären Vorgänge seien sehr komplex.

Kein Schmutz mehr

Die Natur hat in Sachen Nanotechnologie auch in anderen Bereichen verblüffende Lösungen kreiert und geniale Erfindungen hervorgebracht. So bleibt an der Lotusblume dank einer speziellen Oberfläche aus Mikro- und Nanostrukturen kein Schmutz haften. «Das Blatt besitzt kleine Zellerhebungen, die mit winzigen Wackskristallen im Nano-Bereich übersät sind, so dass Wassertropfen zusammen mit dem Dreck wie eine Kugel herunterrollen», erklärt der

Botaniker Wilhelm Barthlott von der Universität Bonn, der dieses Phänomen in den 90er-Jahren als Erster beobachtete. Mittlerweile sind viele industrielle Produkte mit genau diesem selbstreinigenden und von Barthlott patentierten «Lotus-Effekt» auf dem Markt - das Spektrum reicht dabei von Lacken über Dachziegel und Spezialgläser bei Kameras an Autobahnen bis hin zu Textilien.

Besondere Nano-Spezialisten sind in der Natur auch die als Kletterkünstler bekannten Geckos, die an fast allen Oberflächen haften und kopfüber an der Decke marschieren können. Vor eineinhalb Jahren ist es Forschern des Stuttgarter Max-Planck-Instituts gelungen, mit hochauflösender Mikroskopie das Geheimnis der faszinierenden Tiere im Detail zu lüften: An der Sohle eines Fusses sitzen eine Milliarde Nano-Härchen, deren Haftfähigkeit sich durch Feuchtigkeit sogar noch steigern lässt. Diese Erkenntnis ist insbesondere für die Entwicklung neuartiger Klebebänder von Bedeutung.

Grosse Hoffnungen setzt die Forschergilde vor allem auf neuartige Diagnostik und Therapien, um schwer wiegende Erkrankungen frühzeitig zu erkennen und besser zu heilen. Erste Erfolge konnte Andreas Jordan vom Berliner Universitätsklinikum Charité verbuchen. Er bietet Patienten mit Prostatakarzinom oder bösartigem Gehirntumor im Rahmen klinischer Studien eine solche Therapie an. Dabei werden kleinste Nano-Eisenkristalle injiziert, die auf Grund einer speziellen Hülle nur in Krebszellen eindringen. Durch das Anlegen eines elektromagnetischen Wechselfeldes werden die Nano-Teilchen in Schwingungen versetzt, wodurch sich die Tumorzellen erwärmen und vollständig absterben sollen.

An medizinischen Anwendungen arbeitet auch die Empa in St. Gallen. Sie entwickelt spezielle Textilien, in die elektrisch leitende Fasern eingearbeitet werden, die mit einer hauchdünnen Metallschicht versehen sind. Zum Beispiel lassen sich bei Patienten, die ein Bein gebrochen haben, die Muskeln passiv anregen und somit die Regeneration deutlich beschleunigen. Mit einem kleinen Gerät kann man die Stromstösse zur Muskelstimulation jeweils selbst auslösen. «Diese sind bei weitem nicht so stark, als wenn man in eine Steckdose fassen würde», sagt der Physiker Dirk Hegemann von der Empa, der die textilen Elektroden im Selbstversuch getestet hat. Es würde nur ein wenig kribbeln.

Theoretisch könnten solche Fasern dereinst auch der Spassgesellschaft Freude machen: Je nach Stimmungslage liesse sich durch elektrostatische Stimulation etwa die Farbe des Pullovers umstellen. «Selbst der Lack eines Autos könnte für die Fahrt zur Disco für ein paar Stunden anders aussehen als vorher», skizziert Gerd Bachmann vom VDI ein mögliches Szenario. Sieht so nun die schöne neue Welt aus? Mit Sicherheit nicht für jeden. Einige werden dann bestimmt das Frühstück mit normalen Löffeln ohne jeglichen, selbst reinigenden Lotus-Effekt vermissen. Da konnte man nämlich den leckeren Honig noch genüsslich abschlecken.

Heute Abend findet ein Podiumsgespräch zum Thema statt: Alles Nano - oder was? Chancen und Risiken der Nanotechnologie, Science City, ETH Hönggerberg, 19 bis 20.30 Uhr, Eintritt frei, eine Veranstaltung des «Tages-Anzeigers» in Zusammenarbeit mit TA-Swiss und der ETH Zürich.