

wunderwelt WISSEN

**Der Fluch der
Nanotechnologie**

**Die Legende
von Excalibur**

Wie kam das sagenhafte
Schwert nach Italien?

NEU
**SCHNELL
ERKLÄRT**

Wie funktioniert was?

- STROM AUS DER WÜSTE
- LEUCHTTÜRME
- MIKROFONE

Der Geheim-Code der Selbstheilung

Wie der unglaubliche Reparaturmechanismus unseres Körpers ständig
neue Zellen produziert – und so unser Leben rettet



GROSSER SONDERTEIL



Das Rätsel der
Tiermumien



Die neue
**Wunderwaffe
der US-Militärs**



Die junge Mutter hat im Supermarkt eingekauft. Instant-Kaffee, Buchstabensuppe, Paprikapulver, Ketchup, Vitamindrinks, Silberpflaster, frisches Obst, Anti-Geruch-Socken, hygienefreundliche Putzlappen, Sonnenmilch. Alles nach bestem Wissen und Gewissen, getragen von Gesundheitsbewusstsein und Fürsorge für die Familie. Was die Frau nicht weiß: Sie hat sich die Todeszwerge der modernen Konsumindustrie in den Einkaufskorb gelegt – winzige Nanopartikel, die in all den eingekauften Waren enthalten sind. Die mit dem Auge nicht wahrnehmbaren Teilchen gelangen über die Haut in unseren Körper, sie können eingeatmet und gegessen werden. Der unsichtbare Feind setzt sich in unseren Organen fest und beginnt seinen Kampf gegen die Zellen. Nieren- und Leberschäden, Lungenkrebs und Morbus Crohn können die Folgen sein.

Der Run auf die Frischmacher

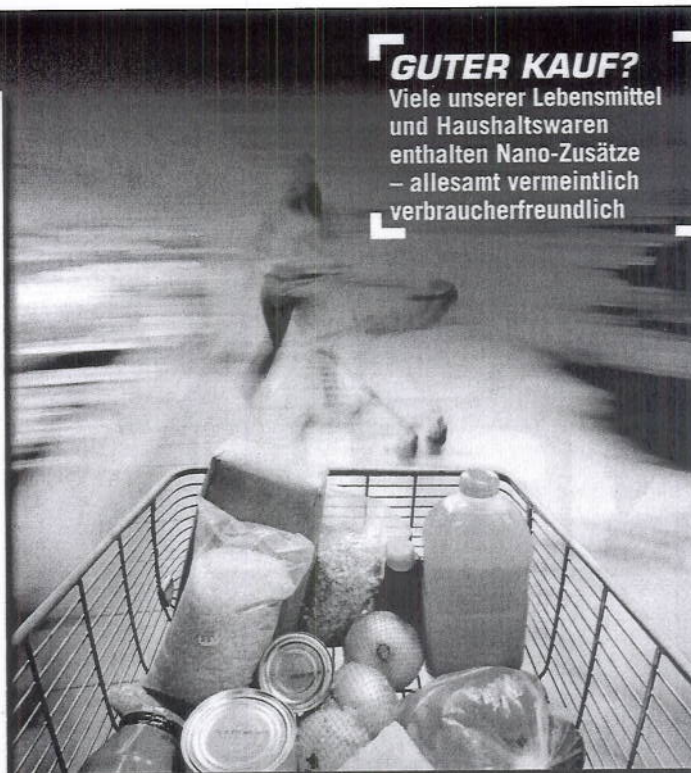
Die Nanotechnologie gilt als eine der bedeutendsten Entdeckungen der Industrie. Der neueste Schrei dieser erst am Anfang ihrer Möglichkeiten stehenden Technikrevolution: Deutsche Wissenschaftler vom Institut für Technologie in Karlsruhe sind gerade dabei, die Nano-Tarnkappe für den Menschen zu entwickeln. So wie sich nach der Nibelungensage der Held Siegfried mit der Tarnkappe des Zwergs Alberich unsichtbar machen konnte, soll schon bald mit Hilfe von Nano-Silberpartikeln dieser alte Menschheits Traum in Erfüllung gehen. Dabei bedienen sich die Forscher einer simplen Erkenntnis der Medizin: Um zu sehen, sendet das menschliche Auge eine Art Impuls auf ein Objekt, das den Impuls zurücksendet. Ist das angepeilte Objekt mit Nano-Metallpartikeln beschichtet, wird das Licht anders gebrochen. Die Impulse werden um das Zielobjekt herumgelenkt. Weil in diesem Fall keine Signale zurückkommen, nimmt das Auge auch nichts wahr. So könnte mit Nanopartikeln beschichtete Kleidung den Menschen unsichtbar machen. Science-Fiction, die schon morgen Realität sein kann.

Vor allem im Kampf gegen Krankheitserreger gilt Nano heute schon als das Nonplusultra. Nanopartikel bestehen aus einigen tausend Atomen oder Molekülen. Der Name kommt vom griechischen Wort für Zwerg, nanos. Ein Nanometer entspricht einem millionstel Millimeter. Nanopartikel sind wenige hundert Nanometer groß und damit etwa 50.000-mal kleiner als der Durchmesser eines Menschenhaares. Nanopartikel werden künstlich hergestellt – zum Beispiel aus Kohlenstoff, Metalloxiden, Metallen oder Metallsulfiden. Sie verfügen über spezielle chemische und physikalische Eigenschaften.

Ihrer bedient sich besonders die Haushaltsindustrie. Nanopartikel finden sich inzwischen in rund 800 verbrauchernahen Produkten. Vor allem Silber kommt zum Einsatz. Die Zahl der Anmeldungen von Silber-Bioziden beim Europäischen Patentamt hat sich in den letzten 20 Jahren verzehnfacht. Nano-Silber in Socken, auf Handy- und Computertastatur, auf Holzspielzeug, in Putzlappen, im Weichspüler, in Kosmetika, zum Beispiel in Sonnenmilch. Der Nutzen: besondere antibakterielle Wirkung.

GUTER KAUF?

Viele unserer Lebensmittel und Haushaltswaren enthalten Nano-Zusätze – allesamt vermeintlich verbraucherfreundlich



ZUSÄTZE

Ahnungslos decken wir uns mit nanobehandelten Speisen ein – Nanopartikel sind in Ketchup-Flaschen, in Pulverkaffee und Suppenpulver zu finden



Am häufigsten findet die neue Technologie Verwendung bei der Verarbeitung von Lebensmitteln. Allein für 2010 rechnen Lebensmittelunternehmen mit einem Gewinn von über vier Milliarden Euro. Nestlé, Unilever und Kraft setzen Nanopartikel vielen Nahrungsmitteln zu, um Fließeigenschaft, Farbe und Festigkeit zu verbessern oder die Haltbarkeit zu verlängern. So steckt Nano in Kochsalz, Gemüsepulver, Gewürzmischungen, Kaffee, weißer, Instant-Kaffee, Puderzucker und Suppenpulver. Das eingesetzte Siliziumdioxid sorgt dafür, dass die Lebensmittel in Pulverform oder Granulaten nicht verklumpen und rieselfähig bleiben. Das Innere von Ketchupflaschen wird mit fließförderndem Nano beschichtet, damit auch der letzte Tropfen herausgedrückt werden kann. Bleichendes Titandioxid verleiht Süßwaren, Käse und Soßen einen verkaufsfördernden helleren Farbton. Eine spezielle Nanolösung ermöglicht es, Getränken Vitamine und Mineralien hinzuzufügen, ohne dass sich dadurch Farbe oder Geschmack ändern. Die Lebensmittelindustrie wendet auch die sogenannte Nano-Verkapselung an. Wertvolle Bestandteile wie Vitamin A und E, Omega-3-Fettsäuren,

Koenzym Q10, Isoflavone, Flavonoide und Carotinoide werden in winzigste Kapseln verpackt. Dadurch erhöht sich die Aufnahmefähigkeit im Körper und so auch ihre Wirkung deutlich. Synthetisches Lycopin hilft als Antioxidationsmittel, Getränke, Fleisch, Käse und Brot länger haltbar zu machen.

Zwerge gegen Krebs

Nanotechnologie hat auch die Verpackungsindustrie revolutioniert. Verpackungen werden mit Nanosensoren ausgestattet, die den Zustand der Lebensmittel überwachen: Sie kontrollieren die Kühlkette, spüren Krankheitserreger auf und überprüfen die Lagerung auf ordnungsgemäße Luftfeuchtigkeit. Veränderungen der Ware durch Bakterien, Geruch oder im Geschmack werden sofort durch einen Farbwechsel auf der Verpackung signalisiert. Man spricht in diesem Zusammenhang von der „elektronischen Zunge“, die bestimmte Chemikalien erschmecken kann.

Der Siegeszug der Nanotechnologie hat auch längst die Medizin erfasst. So wird mit Hilfe von Nano der Knochenbestandteil Hydroxylapatit auf beschichteten Titan-Grundgerüsten künstlich erzeugt. Auch im Kampf gegen den Krebs setzt man hohe Erwartungen in die Winzlinge. So bejubelt die Bundesregierung in ihrem Info-Magazin für Soziales, Familie und Bildung ein Forschungsprojekt der Berliner Charité. Unter dem Titel „Mit Zwergen gegen Krebs“ preisen die Berliner die Nanotechnologie als Hoffnungsträger im Kampf gegen die zweithäufigste Todesursache nach Herz-Kreislauf-Krankheiten. Die Forscher setzen dabei auf eine von ihnen entwickelte Magnetflüssigkeits-Hyperthermie. Nanopartikel aus Eisenoxid werden so lange injiziert, bis sich die Krebsgeschwulst „vollgefressen“ hat. Die Krebszellen, die die Nano-Kur als Nährstoff betrachten, werden

dann in einem Magnetwechselfeld erwärmt. Sie bekommen Fieber und sterben ab.

Nanopartikel werden auch beim Impfen eingesetzt. Zum Beispiel im Impfstoff gegen die Schweinegrippe Influenza A/H1N1. Der Vorteil liegt in der Wirkungsbeschleunigung. Forscher der Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne haben herausgefunden: „Diese Partikel sind nur 25 Nanometer groß und damit so winzig, dass sie nach der Injektion sofort durch die extrazelluläre Matrix der Haut geschwemmt werden und ohne Umwege in die Lymphknoten wandern. Innerhalb von Minuten erreichen sie eine 1000-mal höhere Konzentration als in der Haut.“

Eine aufrüttelnde Studie

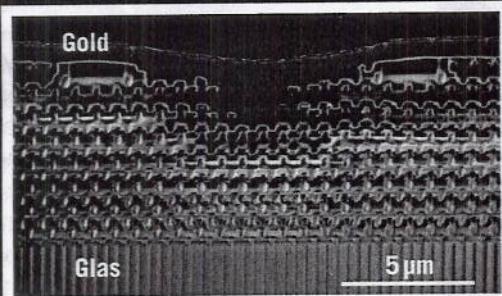
Diese physikalischen Eigenschaften dokumentieren gleichzeitig den Segen und den Fluch der neuen Technologie. Das Umweltbundesamt warnt: „Die Winzigkeit der Partikel birgt die Gefahr, dass sie viel eher die natürlichen Barrieren im Körper überwinden – und so zum Beispiel ohne Weiteres über das Blut ins Hirn gelangen können. Erste Studien weisen darauf hin, dass die Teilchen die Lunge schädigen könnten.“

Eine aufrüttelnde Studie kommt jetzt vom Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND). „Aus dem Labor auf den Teller. Die Nutzung der Nanotechnologie im Lebensmittelsektor“ zeichnet ein erschreckendes Bild von den Risiken dieser noch jungen Technologie:

- Nanopartikel sind in der Regel chemisch äußerst **reaktiv** und werden in der Regel leichter **vom Körper aufgenommen**.
- Höhere biologische Verfügbarkeit und größere biologische Aktivität können zu **höherer Toxizität** führen.

TARNKAPPEN-TECHNIK

Mit Hilfe von Nanotechnologie soll bald ein Tarnanzug entstehen, der den Träger unsichtbar macht. Metallpartikel führen den Seh-Impuls in die Irre



SO KLEIN IST EIN NANOMETER

Eine Kugel mit einem Nanometer Durchmesser verhält sich zu einem Fußball wie der Fußball zum gesamten Erdball.

1 Meter sind	
100 Zentimeter	cm
1000 Millimeter	mm
1.000.000 Mikrometer	µm
1.000.000.000 Nanometer	nm

Mikrometer



Sandkorn

200 bis 1000 µm



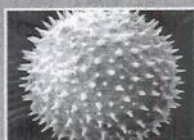
Hausstaubmilbe

100 bis 500 µm



Haar (Durchmesser)

50 bis 100 µm



Pollen (Durchmesser)

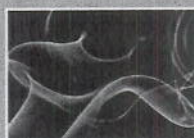
10 bis 50 µm

Nanometer



Hautbakterien

500 nm

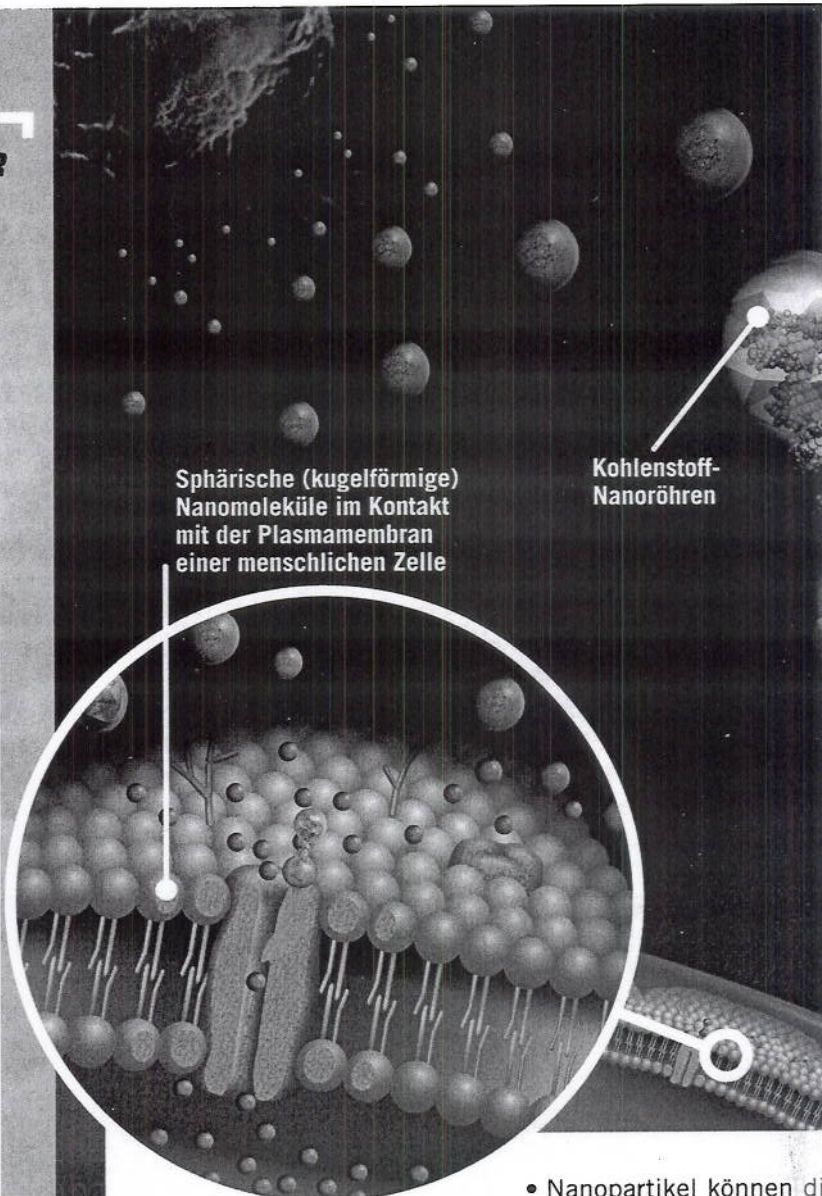


Ultrafeine Partikel
im Zigarettenrauch

100 nm

4 Metallatome
nebeneinander

1 nm



Sphärische (kugelförmige)
Nanomoleküle im Kontakt
mit der Plasmamembran
einer menschlichen Zelle

Kohlenstoff-
Nanoröhren

- Nanopartikel können die **Funktion unseres Immunsystems beeinträchtigen.**

- Nanopartikel können zu unkalkulierbaren **gesundheitlichen Langzeitschäden** führen.
- Nanopartikel lassen sich **schwerer aus Lungen, Magen-Darm Trakt und Organen entfernen als größere Partikel.**

Professor Wilfried Kühling, Vorsitzender des Wissenschaftlichen Beirats des BUND: „Nanopartikel schädigen die DNA und Zellfunktionen, beeinträchtigen Abwehrmechanismen von Immunzellen und können Entzündungen hervorrufen. Aus Tierversuchen wissen wir, dass vor allem Nanopartikel aus Silber hochgiftig sind. So wurden Keimzellen von Mäusen und Leberzellen von Ratten schwer geschädigt.“

Die Projektgruppe NanoCare des Forschungszentrums Karlsruhe hat das bei entsprechenden Versuchen herausgefunden. Tests an Mäusen und Ratten lieferten den Beweis, dass eingeatmete Partikel Entzündungsreaktionen in der Lunge auslösen. Je kleiner die Partikel, desto schlimmer die Entzündung.

Der angesehene Münchner Toxikologe Dr. Max Daumere weist vor allem auf die Gefahr einer Erbgutschädigung hin. „Nanopartikel stören die Umsetzung von Erbgutinformationen in Proteine und können die Hirnentwicklung bei Föten stören. Betroffen sind unter anderem Gene, die bei neurologischer

KREBSTHERAPIE

Manche Mediziner versprechen sich von der Nanotechnologie Fortschritte bei der Behandlung von Krebserkrankungen. Nanopartikel könnten dazu benutzt werden, Wirkstoffe oder Kontrastmittel zu erkrankten Zellen zu transportieren

TEUFELSKREIS

Toxikologen fürchten, dass Nano längst in die Nahrungskette eingedrungen ist, etwa durch das Versprühen von Pestiziden

Störungen eine Rolle spielen.“ Was das bedeutet, erklärt Forscher Ken Takeda von der Wissenschaftlichen Universität in Tokio: „Zu den Krankheiten, die auf diese Gene zurückzuführen sind, zählen solche, die sich in der Kindheit entwickeln, wie Autismus, Epilepsie und Lernschwierigkeiten, aber auch solche, die bei Erwachsenen oder im Alter auftreten, wie Alzheimer, Schizophrenie und Parkinson.“

Die BUND-Studie kritisiert, dass es bislang keine Untersuchungen über die Wirkung der Nanopartikel auf den Menschen gibt. „Es mehren sich die Hinweise, dass viele synthetische Nanomaterialien toxischer sind als die gleichen Substanzen in größerer Form“, sagt Professor Kühling. „Einige Studien an Tieren belegen, dass die nicht abbaubaren Nanopartikel sich im Körper anreichern und langfristig zu Blutgerinnseln oder Lungenkrebs führen können.“

Den Ärzten des Chaoyang Hospital in Peking gelang vor Kurzem der Nachweis, dass eingeatmete Nanopartikel zum Tod von Patienten führten. Zwischen Januar 2007 und April 2008 waren sieben Frauen in die Eliteklinik eingeliefert worden. Sie waren jung, hatten nie geraucht und gesund gelebt. Alle klagten über Kurzatmigkeit, Husten, Schmerzen in der Brust und pleuralen Ausfluss. Behandlungen mit Antibiotika und Tuberkulosemedikamenten brachten keinen Erfolg. Die Mediziner schalteten die nationale Seuchenbehörde ein. Erst eine

Untersuchung der Lebensumstände der Patientinnen klärte das mysteriöse Krankheitsbild auf: Alle sieben hatten in einer Fabrik gearbeitet, die Nanoträger für Farben der Druckindustrie herstellt.

Deutsche Bremser in Brüssel

Die Forscher entdeckten Polyacrylate in der Größenordnung von 30 Nanometern im Karyo- und Zytoplasma des Lungengewebes ihrer Patientinnen. Nanopartikel hatten sich auch an die Membranen der roten Blutkörperchen geheftet. Ausgerechnet die geringe Größe der Partikel machte es den Mediziner schwer, dagegen anzukämpfen. Die Patientinnen entwickelten Lungenfibrosen, die gegenüber etlichen Therapeutika resistent sind. Das löste den GAU im Körper der Patientinnen aus. Zwei Patientinnen konnten nicht gerettet werden.

Das Nanodrama von Peking ist weltweit der erste Fall, bei dem die Wissenschaft zweifelsfrei beweist, dass eingeatmete Nanoteilchen Menschen töten können: „Die inhalierten Partikel hatten die inneren Organe der Patientinnen befallen, waren tief in die Zellen ihres Organismus eingedrungen und führten bei zwei von ihnen zum Tod“, resümierten die Ärzte.

Experten sprechen jetzt schon von einer größeren Gefahr als die Asbestseuche, die europaweit bis zum Jahr 2030 mindestens 500.000 Menschen das Leben gekostet haben wird. Toxikologen befürchten, dass Nano in unsere Nahrungskette bereits voll eingedrungen ist, zum Beispiel über in der Landwirtschaft verwendete Pestizide. Mit Nanomaterial angereicherte Böden und Grundwasser könnten schon bald eine Toxizität erreichen, die für Algen und Wasserflöhe höchst giftig ist und das Gleichgewicht der Wasserorganismen zum Kippen bringt. So wird auch ein Stickstoffausgleich in Süß- und Salzwassermilieus nicht mehr stattfinden können. Und was für Menschen noch schlimmer ist: Die Verwendung der antibakteriellen Nanostoffe wird die schädlichen Bakterien resistenter machen.

Die Politik muss handeln, fordern die Umweltexperten vom BUND. „Es muss eine Kennzeichnungspflicht für Lebensmittel her, die Nanopartikel enthalten. Denn bereits in 600 Produkten ist Nano drin, ohne dass es auf der Verpackung draufsteht.“

Erste Erfolge zeichnen sich ab. So mussten bereits einige Nano-Badputzmittel vom Markt genommen werden, weil sie Entzündungen im Lungengewebe auslösten. Und: Die EU hat vorgeschrieben, dass ab 2012 Kosmetika mit Nano auf der Verpackung mit einem Hinweis gekennzeichnet sein müssen.

Die deutschen Vertreter stimmten in Brüssel dagegen: Man könnte den Produkthinweis als Warnung vor der Nanotechnologie missverstehen ...

Philipp Saller

Mehr Informationen

www.bund.net/bundnet/themen_und_projekte/chemie/nanotechnologie/
Infoseite des Bundes für Umwelt -und Naturschutz (BUND)
www.hessen-nanotech.de/
Informationsseite des Bundeslandes Hessen
www.bundesregierung.de/Content/DE/Magazine/MagazinSozialesFamilieBildung/076/sf-aus-wissenschaft-wird-wirtschaft.html