



Mehr Sicherheit.
Mehr Wert.

TÜV SÜD-Download

Klein, kleiner, nano

Einblicke in eine Schlüsseltechnologie des
21. Jahrhunderts: die Nanotechnologie

TÜV SÜD Gruppe

TÜV®

exklusiv bei www.tuev-sued.de

Der Inhalt in Kürze:

Kaum vorstellbar: Ein Nanometer ist ein milliardstel Meter. Die Nanotechnologie verspricht Revolutionäres: Von winzig kleinen Maschinen und Werkstoffen mit ganz neuen Eigenschaften ist die Rede – von Materialien etwa, die zehn Mal härter sind als Stahl. In der Oberflächenbeschichtung werden die neuen Möglichkeiten bereits genutzt; etwa in der Textilindustrie und der Dentaltechnik, bei der Herstellung von Kunststoffen und Farben. Auch Datenspeicherdichten sollen dank der kleinen Partikel extrem vergrößert werden. Mediziner erhoffen sich Hilfe im Kampf gegen Krebs – sie arbeiten an der Injizierung von Nanopartikeln in Tumore. Die Nanotechnologie birgt neben Chancen freilich auch Risiken, die es von Anfang an zu bedenken gilt. Der nachfolgende Artikel aus dem TÜV SÜD Journal behandelt das Thema umfassend.

Seite 4

Nanopartikel im Kampf gegen Krebs

Seite 5

Kleines Abc der Nanotechnologie

Seite 6

Unverzichtbar: Risikomanagement

Klein, kleiner, nano

Statt »immer höher, immer weiter« lautet das Motto der Nanotechnologie »immer kleiner, immer schneller«. Viele Experten sehen in ihr die Schlüsseltechnologie des 21. Jahrhunderts – bei der allerdings auch mögliche Risiken noch längst nicht ausreichend erforscht sind.

Zehn Mal härter als Stahl. Schon bald sollen Materialien mit dieser Eigenschaft mithilfe der Nanotechnologie produziert werden. Sie ist der Oberbegriff für unterschiedlichste Arten der Analyse und Bearbeitung von Materialien, denen eines gemeinsam ist: Ihnen wird eine große Zukunft vorausgesagt und ihre Größendimension beträgt ein bis einhundert Nanometer. Ein Nanometer entspricht dem Millionstel eines Millimeters. So klein und doch so stark, könnte man also sagen. Denn »Nano« kommt aus dem Griechischen und bedeutet »Zwerg«.

Zum Vergleich: Der Durchmesser eines menschlichen Haares ist fünfzigtausend Mal größer als ein Nanometer. Im Verhältnis zu einem Meter ist ein Nanometer so groß wie eine Haselnuss im Vergleich zur Erdkugel. Die geringe Größe verleiht den Nanopartikeln ganz besondere Eigenschaften. Sie haben völlig andere Stoffeigenschaften als Teilchen, die man mit bloßem Auge oder einem gewöhnlichen Mikroskop noch erkennen kann. Makroskopisch betrachtet ist die versiegelte Oberfläche fühlbar glatter, mikroskopisch sieht man das auf der Oberfläche

liegende Netz aus Nanopartikeln, das sich an sogenannten Andockstellen fest mit der Oberfläche verbunden hat.

Ein Nanopartikel hat nur relativ wenige Atome

Nanopartikel bestehen nur aus relativ wenigen Atomen, deswegen nehmen sie eine Art Zwischenstellung zwischen einem einzelnen Atom und einem normalen Feststoff ein. Im Verhältnis zu ihrem Volumen besitzen sie eine enorm große Oberfläche. Der Brechungsindex weicht stark vom Gewohnten ab. Denn Härte, Zähigkeit, Flexibilität und das Verhalten gegenüber Wasser werden von Molekülverbänden im Nanometerbereich bestimmt. Deshalb haben die Nanotechnologie-Forscher ihren Fokus auf genau diesen Größenbereich gelegt. Ihr Ziel ist der Aufbau und die damit verbundene Manipulation von kleinsten Struktureinheiten und Teilchen aus dem Baukasten des Periodensystems der Elemente. So wollen sie Werkstoffe mit neuen Eigenschaften, kaum vorstellbar kleine Maschinen und ganze Systeme herstellen.





Nanotechnologie sei Dank: Kleidung, die Flüssigkeit abweist.



Forschen für die Zukunft: Die Risiken der Nanotechnologie sind jedoch noch nicht bekannt.

Das hört sich an wie Science-Fiction und wird auch regelmäßig in diesem Genre als Thema aufgegriffen – nicht immer zur Freude der Forscher. Hans Näf, Vorstandsvorsitzender der Schweizer Bühler Group: »Solche Science-Fiction-Geschichten verunsichern Konsumenten und Bevölkerung und leisten der Nanotechnologie deshalb einen Bärendienst. Dem haben wir uns zu stellen und wollen mittels proaktiver Kommunikation ein realistisches Bild dieser Technologie aufzeigen.«

Vorbild für Schutzanstrich kommt aus der Natur

Die Nanotechnologie findet bereits Anwendung in der Beschichtung von Oberflächen. Dabei ist der Lotuseffekt, der selbstreinigende Oberflächen ermöglicht, ein Vorbild aus der Natur. Bühler PARTEC entwickelt Dispersionen und Suspensionen, in denen Nanopartikel vereinzelt und fein verteilt sind. Diese Dispersionen werden als Komponenten in den Formulierungen für die spezifischen Anwendungen der Kunden verwendet. »Dadurch werden Eigenschaften wie Transparenz, Kratzfestigkeit, UV-Schutz, große Oberflächen und damit die Verbesserung von Reaktionsbedingungen und von mechanischen Eigenschaften erreicht sowie öl- und wasserabstoßende Effekte, die nur mit nanoskalierten Partikeln realisiert werden können«, erklärt Näf. Einsatzgebiete böten beispielsweise Textilindustrie und Dentaltechnik, aber auch Kunststoffe, Farben und Lacke sowie Displays für PCs und Handys.

Was momentan und in der Zukunft von der Nanotechnologie zu erwarten ist, erklärt Dr. Gerd Bachmann vom VDI Technologiezentrum in Düsseldorf: »Im Produktbereich voll- →



Auch bei der Herstellung von Lacken und Sonnencremes im Einsatz: die Nanotechnologie.

Förderung des Technologiefeldes. Dies könnte dazu beitragen, dass sich in vielen Teilbereichen deutsche Unternehmen durchsetzen werden.

Es gibt auch kritische Stimmen

Wie jede neue Technologie birgt die Nanotechnologie auch Risiken. Thorsten Weidl, Experte für Risikomanagement bei TÜV SÜD Industrie Service: »Aufgrund ihrer vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten wird die Nanotechnologie derzeit überwiegend positiv beurteilt, aber es gibt auch kritische Stimmen. So sind die mittel- und langfristigen Auswirkungen von Nanomaterialien auf Menschen und Umwelt noch nicht ausreichend untersucht. Zudem fehlen in allen Ländern gesetzliche Grundlagen für den Umgang mit den neuen Materialien, was zu einer gewissen Rechtsunsicherheit führt.«

Skepsis ist durchaus berechtigt, denn oft zeigen Atome und Moleküle in der Nanowelt bislang unberechenbare Eigenschaften. Im Brennpunkt stehen hierbei mögliche negative Auswirkungen von Nanopartikeln auf die menschliche Gesundheit und Umwelt. Die Risikoforschung stellt deshalb bei der Produktion schon jetzt konkrete Fragen nach Art und Größe der Partikel, der Quelle ihrer Freisetzung und der ausgestoßenen Partikelmenge. Eine wichtige begleitende Maßnahme für eine Technologie, die sich auf kleinste Teile fokussiert und von der so Großes erwartet wird. ■

kontakt

Gerhard Klein
 Leiter Abteilung
 Risikomanagement
 TÜV SÜD
 Industrie Service
 +49-89-50 08-1579
 +49-89-51 55-2888
 gerhard.klein@tuev-sued.de
 www.tuev-sued.de

zieht sich derzeit eher eine evolutionäre als eine revolutionäre Entwicklung. Computer werden immer schneller, Handys immer vielseitiger, Optiken in den Digitalkameras immer kleiner und Autolacke immer härter.« Nanotechnologie liefert hierzu zunehmend Erkenntnisse. Revolutionär veränderte Marktbereiche wird es laut Dr. Bachmann eher in der Zukunft geben: »Dann lassen sich Materialien mit maßgeschneiderten Eigenschaften herstellen, beispielsweise Kohlenstoffröhrchen, die zehnfach stabiler als Stahl sind. Höhere Datenspeicherdichten werden es erlauben, den gesamten Literaturbestand in der Hosentasche mit sich herumzutragen. Im Bereich der Medizin können präventive diagnostische Maßnahmen teure chirurgische Eingriffe minimieren helfen.«

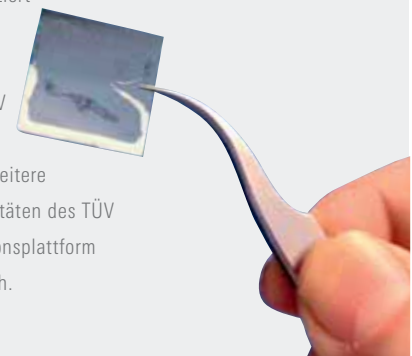
Der Wettlauf um die beste Position für die zukünftige Markteroberung ist bereits voll im Gange. Die USA, Japan und Deutschland sind weltweit führend, doch China, Korea und Taiwan holen auf. Alle genannten Länder investieren schon heute außerordentlich in diese Technologie. In Europa ist Deutschland der bisher unangefochtene Spitzenreiter bei der

TÜV SÜD und die Nanotechnologie:

- TÜV SÜD ist Gründungsmitglied des Nanonetzes Bayern e.V. und begleitet in diesem Förderverein die Entwicklung der Nanotechnologie. Das Nanonetz Bayern wurde erst kürzlich gegründet. Weitere Informationen zum Nanonetz Bayern e.V. gibt es unter www.nanoinitiative-bayern.de.
- TÜV SÜD hat Anfang 2007 das weltweit erste Zertifikat für Nanotechnologie vorgestellt. Zusammen mit der »Innovationsgesellschaft« in St. Gallen entwickelten die Experten das

Risikomanagement- und Monitoringsystem CENARIOS®. Mittlerweile können zusätzlich qualitätsgesicherte Herstellungsprozesse in der Nanotechnologie zertifiziert werden.

- Darüber hinaus arbeitet TÜV SÜD an einem Konzept für die Produktzertifizierung. Weitere Informationen zu den Aktivitäten des TÜV SÜD sind auf der Informationsplattform www.netinform.de erhältlich.



Medizinische Wunderwaffen

Nanotechnologie in der Medizin ist ein beliebtes Science-Fiction-Thema. Doch ist der medizinische Einsatz von winzigen Robotern oder steuerbaren Nanopartikeln in lebendem Gewebe wirklich Utopie? Längst forschen Wissenschaftler an Methoden, die den Kampf gegen Krebs und andere bisher unheilbare Krankheiten revolutionieren könnten.

Im Kino war schon 1966 zu sehen, wie mutige Wissenschaftler in einem Mini-U-Boot bis in das Gehirn eines Kranken vordringen, um dort ein Blutgerinnsel zu beseitigen. 1987 war es dann Dennis Quaid, der auf der Leinwand erfolgreich im Nano-U-Boot auf »Die Reise ins Ich« ging. Von Kritikern bisweilen als »Quatsch« verrissen, hat sich das Thema Nanotechnologie in der Medizin längst als respektables Forschungsgebiet etabliert: Schon 2003 wurden allein in der Schweiz 33 Millionen Franken in diesen Forschungszweig investiert. Inzwischen suchen die Mediziner weltweit nach neuen Diagnose- und Behandlungsmethoden – und stoßen dabei fast zwangsläufig auch auf den Einsatz von Nanopartikeln.

Neue Waffen gegen den Krebs

Insbesondere dort, wo Mediziner regelmäßig an die Grenzen ihrer Heilerfolge stoßen, ist das Interesse groß, mit neuen Behandlungsmethoden bislang unheilbare Erkrankungen in den Griff zu bekommen – zum Beispiel Krebs. An der Berliner Charité arbeitet der Biochemiker Dr. Andreas Jordan schon seit Jahren daran, die klassische Überwärmungstherapie mithilfe von Nanoteilchen zu verbessern. Seine Idee: Billionen winziger Nanopartikel werden direkt in einen bislang nicht behandelbaren Gehirntumor injiziert. Die Teilchen haben einen Kern aus Eisenoxid, der sie magnetisch macht, und sind umhüllt von einer Schicht Zuckermoleküle – das macht sie für den aggressiv wachsenden Tumor zum »Leckerbissen«. In Laborversuchen konnte Dr. Jordan bereits zeigen, dass sich die Nanoteilchen auf diese Weise tatsächlich sehr schnell in dem gesamten Tumor verteilen.

Erste klinische Versuche sind vielversprechend

Die so präparierten Tumorzellen werden dann mit einem magnetischen Wechselfeld traktiert. Die Folge: Die eisenhaltigen Teilchen geraten in magnetische Schwingung, werden immer heißer und töten schließlich die Krebszelle durch Überhitzung. Gleichzeitig bleibt gesundes Gewebe völlig intakt. »Das macht diese Methode prinzipiell in jeder Region des menschlichen Körpers einsetzbar«, sagt Dr. Andreas Jordan. Für die behandelten Patienten ist diese Therapie schmerzlos – erste klinische Tests an rund 100 Patienten mit Gehirntumoren, Prostata- und Speiseröhrenkrebs sind bereits mit vielversprechendem Erfolg abgeschlossen worden. Ein weiterer Vorteil der Nanobehandlung: Statt wie bei herkömmlicher Strahlentherapie fünf Wochen lang täglich muss die Nano-Spritze nur insgesamt sechs Mal gesetzt werden! Trotzdem rechnet Biochemiker Dr. Jordan noch mit einiger Entwicklungszeit: »Sobald endgültige Studienergebnisse vorliegen, können wir auf eine Zulassung als Krebstherapie hoffen. Dann könnte die Spritze gegen den Krebs in zehn Jahren Wirklichkeit sein!« ■

Mit Nanotechnologie hoffen Mediziner und Forscher, bald auch unheilbare Krankheiten behandeln zu können.



Kleines Abc der Nanotechnologie

Buckyballs wird ein großes Potenzial vorhergesagt

■ **B**: Buckyballs, die eigentlich Fullerene heißen, sind neben Grafit und Diamant die dritte Modifikation des Kohlenstoffes. Sie wurden erst 1985 entdeckt und zeichnen sich durch eine Vielzahl interessanter physikalischer Eigenschaften aus. Nur etwa eine Handvoll Fabriken auf der Erde ist heute in der Lage, diese Fullerene zu erzeugen. Experten gehen aber davon aus, dass diese chemischen Strukturen ein großes Potenzial in der Zukunft haben, da sie als Quasi-Transporter für Chemikalien in kosmetischen Artikeln bis hin zum Hochtemperatur-Supraleiter verwendet werden können. Es gibt aber auch schon Warnungen vor dem Einsatz von Buckyballs. So konnte die US-Forscherin Eva Oberdörster von der Southern Methodist University in Dallas nachweisen, dass Buckyballs zumindest bei zwei Lebewesen nachhaltige Auswirkungen auf deren Gesundheit hatten: Wasserflöhe sind bei der Berührung mit den kleinen Kohlenstoffpartikeln gestorben, bei Fischen kam es zu Gehirnstörungen. Benannt sind die Fullerene/Buckyballs nach dem amerikanischen Architekten, Erfinder und Philosophen Richard Buckminster Fuller (1895–1983), der durch visionäre Bauten wie den aus Fünf- und Sechsecken bestehenden geo-

datischen Dom (US-Beitrag zur Expo 1967 in Montreal) berühmt geworden war.

■ **G**: Größe
Ein Nanometer ist ein milliardstel Meter. Anders erklärt: Ein Millimeter enthält eine Million Nanometer. Diese Größenverhältnisse sind nur schwer vorstellbar. Das Größenverhältnis von einem Meter zu einem Nanometer entspricht in etwa dem der Erde im Vergleich zu einer Nuss.

■ **R**: Rastertunnelmikroskop
Am IBM-Forschungslaboratorium in Zürich entwickelten Gerd Binnig und Heinrich Rohrer 1981 das Rastertunnelmikroskop. Mit seiner Hilfe konnten erstmals Atome nicht nur sichtbar gemacht, sondern auch bewegt werden. Diese Entwicklung hatte großen Einfluss auf die Erforschung und Beurteilung von Vorgängen im Nanobereich.

■ **T**: Top-down-/Bottom-up-Ansatz
Der Top-down-Ansatz bezieht sich auf Prozesse, bei denen durch die Verkleinerung eines beliebigen Materials nanometergroße Partikel hergestellt werden, die dann entweder gezielt wieder zu größeren Strukturen zusammengefügt oder anderen Materialien beigemischt werden. Beim Bottom-up-Ansatz baut man Atom für Atom oder Mole-

kül für Molekül zu größeren Strukturen auf oder lässt sie durch Selbstorganisation wachsen. Die Selbstorganisation lässt Experten davon träumen, aus Nanopartikeln ganze Gegenstände wachsen lassen zu können.

■ **V**: Verkleinerung
»Wenn man Dinge immer kleiner macht (z.B. Handys oder Notebooks), entsteht Nanotechnologie ...« Falsch! Hier liegt der fundamentale Unterschied zwischen Miniatürisierung und Nanotechnologie: In dieser neuen Disziplin hat die Verkleinerung eine gewisse Schallgrenze überschritten, nach der die alten Gesetze nicht mehr unbedingt zutreffen. Ein beliebiges Material, das auf die Größe von Nanopartikeln reduziert wird, kann sich auf einmal ganz anders verhalten als vorher. So zeigen z.B. elektrisch isolierende Stoffe plötzlich ein leitendes Verhalten und nicht lösliche Stoffe werden auf einmal löslich. Andere ändern ihre Farbe oder werden durchsichtig – völlig neue Eigenschaften, die Tür und Tor für neue Anwendungen und Produkte öffnen.

■ **Z**: Zwerg
Der Begriff Nanotechnologie leitet sich von dem griechischen Wort »nanos« ab, das »Zwerg« bedeutet.





Ziel: »Größtmögliche Sicherheit«

Interview mit Dr. Christoph Meili, Gründer der Innovationsgesellschaft, und Thorsten Weidl, Risikomanagement-Experte, TÜV SÜD Industrie Service

Herr Dr. Meili, wie steht die Innovationsgesellschaft zur Nanotechnologie?

Christoph Meili: Die Innovationsgesellschaft aus St. Gallen ist ein international tätiges, auf Nanotechnologie spezialisiertes Beratungsunternehmen. Die Firma gehört zu den weltweit führenden Institutionen im Bereich Risikomanagement im Zusammenhang mit Nanotechnologie. Derzeit begleiten wir beispielsweise im Auftrag der Schweizer Bundesämter die Entwicklung des Aktions- und Umsetzungsplans »Risikomanagement synthetischer Nanopartikel«. Daneben beraten wir Kunden aus dem Industrie-, Finanz- und Versicherungssektor bei der erfolgreichen, sicheren und nachhaltigen Nutzung der Nanotechnologie. Ich bin persönlich davon überzeugt, dass sich die Nanotechnologie als Querschnittstechnologie in sehr vielen Bereichen und Branchen durchsetzen wird. Allerdings nur, wenn neben den großen ökonomischen Potenzialen auch die möglichen Risiken thematisiert werden.

Wie kam es zur Zusammenarbeit mit dem TÜV SÜD und welche Projekte konnten Sie bisher im Zusammenhang mit der Nanotechnologie verwirklichen?

Christoph Meili: Die Zusammenarbeit mit TÜV SÜD kam über die Firma Bühler PARTEC, einen gemeinsamen Kunden, zustande. Für dieses Unternehmen, das Nanopartikel herstellt, haben wir seit Sommer 2006 ein zertifizierbares Risikomanagement-System entwickelt. Dieses System wurde anschließend von der Innovationsgesellschaft und TÜV SÜD unter dem Namen CENARIOS® (Certifiable Nanospecific Riskmanagement and Monitoring System) auf den Markt gebracht. Verschiedene

Unternehmen haben bereits Interesse an CENARIOS® angemeldet. Derzeit laufen Gespräche.

Herr Weidl, was ist unter CENARIOS® zu verstehen?

Thorsten Weidl: Es handelt sich dabei um das weltweit erste zertifizierbare System dieser Art. Das Zertifikat weist nach, dass ein Unternehmen einen glaubwürdigen Standard für den Schutz von Mensch und Umwelt einhält und die Sicherheit von Produkten und Prozessen laufend überprüft und verbessert. Ziel ist es, dieses Label entlang der gesamten Wertschöpfungskette zu implementieren und damit für Konsumenten und Behörden die größtmögliche Sicherheit zu gewährleisten.

Was waren die besonderen Herausforderungen bei CENARIOS®?

Thorsten Weidl: Es waren oder sind zwei Herausforderungen: Zum einen verfügen wir im Bereich neuer Nanomaterialien über sehr wenige Risikodaten, zum anderen zeigt sich in vielen Bereichen der Nanotechnologie eine sehr dynamische Entwicklung. Beide Aspekte gilt es, im System ausreichend zu berücksichtigen. So kombiniert CENARIOS® die Risikobewertung auf dem aktuellsten Stand der Technik mit einem ausgefeilten Monitoringsystem zur kontinuierlichen Einbindung der neuesten Erkenntnisse aus Wissenschaft, Technik und Gesetzgebung. Damit stellen wir sicher, dass unsere Kunden potenzielle Risiken und Chancen in ihren Produkten und Prozessen frühzeitig, schnell und umfassend identifizieren, analysieren und bewerten und im möglichen Fall einer Krise die notwendigen Maßnahmen ohne Zeitverzug ergreifen können.

info

Dr. Christoph Meili verfügt über eine langjährige Beratungserfahrung in den Bereichen Risikomanagement und Risikokommunikation neuer Technologien. Sein Spezialgebiet sind Innovationsprojekte im Bereich Nano- und Mikrotechnologie.

Thorsten Weidl ist bei TÜV SÜD Projektmanager für Risikomanagement-Systeme in der Nanotechnologie. Darüber hinaus ist er für die Weiterentwicklung des Dienstleistungsspektrums der TÜV SÜD Industrie Service GmbH in der Nanotechnologie verantwortlich.



TÜV SÜD-Download

exklusiv bei www.tuev-sued.de

Redaktion
TÜV SÜD AG
Franz Billinger
Westendstr. 199
80686 München
Telefon: +49 89 5791 - 2648
Fax: +49 89 5791 - 2269
franz.billinger@tuev-sued.de

© TÜV SÜD AG | 05-2008

TUV®

