



OAW

Österreichische Akademie
der Wissenschaften



INSTITUT FÜR
TECHNIKFOLGEN-
ABSCHÄTZUNG

nano trust

NANOTRUST

EIN BEITRAG ZUM UMGANG MIT MÖGLICHEN GESUNDHEITS- UND UMWELTRISIKEN SOWIE GESELLSCHAFTLICHEN ASPEKTEN DER NANOTECHNOLOGIEN

BERICHT AN DAS PARLAMENT

INSTITUT FÜR TECHNIKFOLGEN-ABSCHÄTZUNG
DER ÖSTERREICHISCHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

Projektleitung: Michael Nentwich

Team: Ulrich Fiedeler
André Gázsó
Myrtill Simkó

IM AUFTRAG DES BUNDESMINISTERIUMS FÜR VERKEHR, INNOVATION
UND TECHNOLOGIE (BMVIT)

WIEN, MAI 2008

IMPRESSUM

Medieninhaber:

Österreichische Akademie der Wissenschaften
Juristische Person öffentlichen Rechts (BGBl 569/1921 idF BGBl I 130/2003)
Dr. Ignaz Seipel-Platz 2, A-1010 Wien

Herausgeber:

Institut für Technikfolgen-Abschätzung (ITA)
Strohgasse 45/5, A-1030 Wien
<http://www.oeaw.ac.at/ita>

Die ITA-Projektberichte erscheinen unregelmäßig und dienen der Veröffentlichung der Forschungsergebnisse des Instituts für Technikfolgen-Abschätzung.
Die Berichte erscheinen in geringer Auflage im Druck und werden über das Internetportal „epub.oeaw“ der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt:
<http://epub.oeaw.ac.at/ita/ita-projektberichte>

ITA-Projektbericht Nr.: c21
ISSN: 1819-1320
ISSN-online: 1818-6556
<http://epub.oeaw.ac.at/ita/ita-projektberichte/d2-2c21-1.pdf>

© 2008 ITA – Alle Rechte vorbehalten

Inhalt

| | |
|---|---|
| Kurzfassung | I |
| 1 Ausgangssituation..... | 1 |
| 2 Das Projekt NanoTrust im Überblick | 2 |
| 3 Aktivitäten von NanoTrust..... | 3 |
| 3.1 Aufbereitung des Wissensstandes | 3 |
| 3.1.1 Vorgangsweise | 3 |
| 3.1.2 Qualitätssicherung | 4 |
| 3.2 Kommunikation der Ergebnisse..... | 5 |
| 3.2.1 Grundprinzipien und Zielgruppen | 5 |
| 3.2.2 Kommunikationswege | 6 |
| 3.3 Vernetzung und Kooperation..... | 8 |
| 4 Ausblick..... | 9 |
| Anhang | |
| Nanotrust-Dossier 001: Zur Definition der Nanotechnologie | |
| Nanotrust-Dossier 002: Was sind synthetische Nanopartikel? | |
| Nanotrust-Dossier 003: Wie kommen Nanopartikel in den menschlichen Körper und was verursachen sie dort? | |
| Nanotrust-Dossier 004: Nanopartikel und nanostrukturierte Materialien in der Lebensmittelindustrie | |
| Nanotrust-Dossier 005: Umwelt- und Gesundheitsauswirkungen von Nanopartikeln – EU-Projekte im 6. RP | |

Abbildungsverzeichnis

| | |
|--|---|
| Abbildung 1: NanoTrust im Internet | 6 |
|--|---|

Tabellenverzeichnis

| | |
|--|---|
| Tabelle 1: Beispiele aus der vorläufigen NanoTrust-Themenliste, Stand Mai 2008 | 4 |
|--|---|

Kurzfassung

Das Projekt NanoTrust wird im Auftrag des BMVIT am Institut für Technikfolgen-Abschätzung (ITA) der Österreichischen Akademie der Wissenschaften (ÖAW) seit Herbst 2007 bis 2010 durchgeführt. Es soll auf verschiedenen Ebenen zu einer österreichischen Risiko-Governance-Strategie beitragen, die neben der Verwaltung auch die Legislative und andere Akteure einbezieht.

Im Zentrum von NanoTrust steht die Aufgabe, den Wissensstand zu den potenziellen Gesundheits- und Umweltwirkungen von Nanotechnologien zu erforschen und die Forschungsergebnisse transparent und öffentlich zugänglich zu machen („Clearing House“). Dabei werden mögliche Gefahren diskutiert sowie Wissens- und eventuelle Regulierungsdefizite ausgewiesen („Risiko-Radar“). Weiterhin werden die österreichische und internationale Berichterstattung und Diskussion zu den Chancen und Risiken der Nanotechnologien beobachtet und analysiert sowie gesellschaftliche Aspekte des Technologieeinsatzes untersucht. Darüber hinaus fungiert NanoTrust als Plattform zur Vernetzung der relevanten Akteure aus Politik, Wissenschaft, Wirtschaft und Zivilgesellschaft.

Dieser Bericht an das Parlament stellt das Projekt vor und präsentiert, nach etwas mehr als einem halben Jahr Projektlaufzeit, die bislang entfalten und für die unmittelbare Zukunft geplanten Aktivitäten. Die Hauptaufgabe besteht darin, den aktuellen Wissens- und Diskussionsstand zu speziellen Themen in Form von kurzen, leichtfasslichen „Dossiers“ aufzubereiten. Die Dossiers und die weiteren Ergebnisse bzw. Informationen werden über das Internet der Öffentlichkeit angeboten. Weiters werden Spezialveranstaltungen wie eintägige Fachtagungen und kleinere Expertenworkshops organisiert.

NanoTrust:

(1) Rahmen

(2) Aufgabenstellung

(3) Aktivitäten

I Ausgangssituation

Hohen Erwartungen an die Nanotechnologie (insb. in Hinblick auf ihre Innovativität und ihr Marktpotenzial) stehen Fragen zu ihren möglichen Folgen gegenüber, die bisher noch ungenügend beantwortet werden können. Es gibt bereits eine Reihe von Produkten auf dem Markt, die laut Herstellern auf Nanotechnologie basieren; die Nanotechnologie-Forschung wird forciert und großzügig finanziert (siehe in Österreich vor allem die Nano-Initiative des Bundes, aber auch die einschlägigen Fördersummen des FWF); mit weiteren Anwendungen ist also zu rechnen. Demgegenüber ist das bislang verfügbare Wissen zu möglichen Risiken für Umwelt und Gesundheit erst punktuell vorhanden. Es besteht somit eine Diskrepanz zwischen unserem Wissensstand über eventuelle Gefahren und dem Entwicklungs- und Verbreitungsstand von Nanotechnologien.

In solchen Situationen ist systematische Risiko-Governance durch die Politik von eminenter Bedeutung. Darunter versteht man den (politisch-gesellschaftlichen) Umgang mit aufkommenden Risikofragen, wobei im Allgemeinen folgende fünf große Aktivitätsfelder unterschieden werden: (1) die Förderung von Forschung in den Bereichen Risiko und Sicherheit sowie in Hinblick auf ethische, rechtliche und gesellschaftliche Fragen; (2) die Information, Kommunikation und Vernetzung von Stakeholdern; (3) die Kommunikation mit und Einbeziehung der Öffentlichkeit; eventuell (4) Regulierung bzw. Genehmigungsverfahren; und (5) die Evaluierung bzw. Begleitung einschlägiger F&E-Projekte in Hinblick auf Risiko- und Sicherheitsaspekte. Ein solches systematisches Vorgehen verfolgt das Ziel der Früherkennung: Potenzielle Risiken sollen entdeckt und analysiert, unberechtigte Risikowarnungen verworfen werden. Im Sinne des Konzepts der Risiko-Governance, soll ein glaubwürdiges Governance-System aufgebaut werden, das mit den möglichen Gefahren adäquat umgehen kann. Erst dann ist zu erwarten, dass der gesellschaftliche Nutzen der Nanotechnologie möglichst hoch ist und deren eventuelle Nachteile möglichst gering gehalten werden. Zu Recht wird in diesem Zusammenhang darauf verwiesen, dass bei Fehlen entsprechender oder bei inadäquaten Maßnahmen ein Verlust des Vertrauens in die Politik (und damit letztlich in die Technologie selbst) droht – was in Hinblick auf die Gentechnologie zumindest in Österreich bereits diskutiert wurde.

Hauptaufgaben von NanoTrust

Das Forschungs- und Beratungsprojekt NanoTrust stellt *ein* wichtiges Element der Risiko-Governance-Aktivitäten zur Nanotechnologie in Österreich dar, es wird jedoch nicht aktiv in allen oben genannten Feldern tätig werden. Allerdings wird NanoTrust zu allen indirekt Beiträge leisten. Die Hauptaufgaben von NanoTrust stellen sich wie folgt dar:

- den Wissensstand über mögliche Gesundheits- und Umweltrisiken der Nanotechnologie kontinuierlich erheben, analysieren und transparent darstellen („Clearing House“);
- Wissens- und Regulierungsdefizite ausweisen („Risiko-Radar“);
- eine Plattform anbieten, auf der mit den relevanten Akteuren (Politik, Wissenschaft, Wirtschaft, Zivilgesellschaft) offene Forschungsfragen diskutiert und Regulierungsansätze ausgearbeitet werden können („Informations-Drehscheibe“);
- die österreichische und internationale Berichterstattung und Diskussion zu Chancen und Risiken der Nanotechnologie beobachten und analysieren sowie gesellschaftliche Aspekte der Nanotechnologie aufarbeiten.

Diskrepanz zwischen Entwicklungsstand der Technologie und Wissen über mögliche Folgen

die generelle Antwort: Risiko-Governance

NanoTrust als ein Beitrag dazu

2 Das Projekt NanoTrust im Überblick

| | |
|---|--|
| <p>Auftraggeber: BMVIT</p> <p>Auftragnehmer: ITA/ÖAW</p> <p>Budget: 1,1 Mio. €</p> <p>Laufzeit: 2007–2010</p> | <p>Das Forschungsprojekt NanoTrust wurde vom Infrastrukturministerium (BMVIT) unter Federführung der Abteilung „Forschung und Technologie“ in Auftrag gegeben. Auftragnehmer ist das Institut für Technikfolgen-Abschätzung (ITA) der Österreichischen Akademie der Wissenschaften (ÖAW) in Wien. Das Projekt ist mit vorerst 1,1 Mio. € dotiert. Die Laufzeit wurde in einem ersten Schritt auf drei Jahre (Oktober 2007 bis September 2010) fixiert; allerdings sind sich alle Beteiligten einig, dass der Bedarf an diesem Projekt höchstwahrscheinlich über das Jahr 2010 hinaus reichen wird.</p> |
| <p>Adressaten</p> | <p>Adressaten des Projekts sind neben dem primären Auftraggeber BMVIT auch das Parlament, andere einschlägig befassete Verwaltungsstellen, die Sozialpartner, Forschung und Wirtschaft sowie die Zivilgesellschaft (s. u. Abschnitt 3.2.1).</p> |
| <p>Projektteam</p> | <p>Das dreiköpfige, interdisziplinäre Projektteam unter der Leitung des Direktors des ITA besteht aus einer Biologin mit Schwerpunkt auf experimenteller Zellbiologie/Toxikologie, einem Physiker mit langjähriger Erfahrung in der Technikfolgenabschätzung (TA) und einem interdisziplinär ausgebildeten Risikoforscher. Punktuell wird das Team durch mehrere WerkvertragnehmerInnen verstärkt.</p> |
| <p>externer Beirat</p> | <p>Ein internationaler Beirat unterstützt das Projektteam. Er besteht aus zwölf VertreterInnen der mit Nanotechnologie befassten Ministerien, der Sozialpartner und der Forschung. Deren Aufgaben sind die strategische Beratung in Hinblick auf Kooperationen und die Kommunikationsstrategie sowie die inhaltliche Beratung bezüglich der Themenwahl. Der Beirat gibt Feedback zu den Ergebnissen und leistet Hilfestellung bei der internationalen Vernetzung des Projekts (z. B. Anbindung an internationale und nationale Projekte, Verweis auf Konferenzen). Der Beirat trifft sich ein bis zwei Mal pro Jahr. Die konstituierende Sitzung fand am 16. 4. 2008 statt, die nächste ist für Mitte/Ende Oktober 2008 geplant.</p> |
| <p>interner Beirat</p> <p>externe ExpertInnen</p> | <p>Das Projekt wird intern wie alle ITA-Projekte durch einen kleinen Projektbeirat unterstützt, der vor allem die TA-Perspektive einbringt und ebenso wie einschlägige ExpertInnen im In- und Ausland zur Qualitätssicherung (siehe Abschnitt 3.1.2) beiträgt.</p> |
| <p>Vernetzung und Kooperationen</p> | <p>Das Projektteam vernetzt sich (siehe Abschnitt 3.3) mit ForscherInnen und sonstigen Akteuren im Bereich der Nanotechnologie. Dazu gehören Forschungseinrichtungen, Gruppen mit international vergleichbaren Aufgaben, Akteure der österreichischen Verwaltung, Interessenvertretungen und sonstige Stakeholder.</p> |
| <p>Forschungsprojekt mit hohem Anteil an Vermittlungstätigkeiten, kein Akteur i. e. S.</p> | <p>NanoTrust ist ein Forschungs- und Beratungsprojekt (Aufbereitung des Wissensstands) mit hohem Anteil an Vermittlungstätigkeiten (regelmäßige Publikationen, Veranstaltungen etc.). Es sei hervorgehoben, dass das NanoTrust-Team seine Aufgabe darin sieht, Informationspakete bereitzustellen (siehe Abschnitt 3.2.1), ohne dabei aktive Öffentlichkeitsarbeit (à la Dialog:Gentechnik, NanoTruck o. ä.) zu betreiben. NanoTrust versteht sich als neutraler Kristallisationskern für Aktivitäten der Nano-Community, nicht als Akteur im engeren Sinne mit einer eigenen Agenda.</p> |

3 Aktivitäten von NanoTrust

Das Projekt NanoTrust ist in folgenden drei Feldern aktiv: Aufbereitung des Wissensstandes (3.1), Präsentation und Kommunikation der Ergebnisse (3.2) sowie Vernetzung und Kooperation (3.3).

3.1 Aufbereitung des Wissensstandes

Im Zentrum von NanoTrust stehen die Analyse des Wissensstandes zu möglichen gesundheitlichen und Umweltrisiken (EHS – Environment, Health and Safety) sowie die Zusammenführung von Informationen zu sonstigen, insbesondere gesellschaftlichen Aspekten der Nanotechnologie (ELSI – Ethical, Legal and Societal Impacts).

**zentrale Aufgaben:
EHS & ELSI**

3.1.1 Vorgangsweise

Entsprechend der Ausrichtung des Projektes steht die kontinuierliche Erhebung und Beobachtung der nanotechnologischen Entwicklungen und der mit ihr zusammenhängenden Diskussion im Fokus der Aktivität von NanoTrust. Es werden jene Themen bearbeitet, die aufgrund der Beobachtungen des NanoTrust-Teams in der aufkommenden Debatte als besonders aktuell und interessant eingestuft bzw. wiederholt von Politik und Verwaltung, aus der Forschung, von Stakeholdern, dem Beirat oder der Öffentlichkeit an uns herangetragen werden. Es handelt sich dabei um immer wieder auftauchende Themen, bei denen hoher Informationsbedarf besteht, oder auch um solche, die (potenziell) kontrovers behandelt werden, sowohl in der Wissenschaft als auch in der Öffentlichkeit. Die aktuelle Themenliste ist in Tabelle 1 dargestellt. Darin sind u. a. jene Themen aufgelistet, die bereits durch das Team von NanoTrust bearbeitet wurden, als auch jene, die derzeit recherchiert werden.

**Bottom-up-Ansatz:
Aktuelle Themen als
Ausgangspunkte**

Die Recherchen und Analysen zu den verschiedenen Themen verlaufen naturgemäß sehr unterschiedlich. Zum Teil werden naturwissenschaftliche Maßstäbe angelegt, etwa wenn es um die Aufarbeitung des toxikologischen Wissensstandes geht; so werden hier Sekundäranalysen der bestehenden Original-Publikationen durchgeführt. Zum Teil kommen sozialwissenschaftliche Methoden zur Anwendung, insbesondere Interviews, Internetrecherchen und Dokumentenanalysen.

**Methodik:
naturwissenschaftlich
und
sozialwissenschaftlich**

Die recherchierte Literatur wird in einer bibliographischen Datenbank vollständig dokumentiert. Beim Aufbau dieser Datenbank arbeitet das NanoTrust-Team auf Basis einer Kooperationsvereinbarung mit der BioNanoNet Forschungsgesellschaft mbH in Graz und dem Umweltbundesamt Wien zusammen. Die bislang drei Partner sind übereingekommen, die einschlägige Literatur gemeinsam zu sammeln, im Intranet im Volltext zu speichern, mit Stichworten zu versehen und zu kommentieren. Die Datenbank wird über die NanoTrust-Homepage der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt (siehe Abschnitt 3.2).

**kommentierte
Literaturdatenbank
(Kooperation mit
Umweltbundesamt und
BioNanoNet)**

Tabelle 1: Beispiele aus der vorläufigen NanoTrust-Themenliste, Stand Mai 2008

| Forschung / Budget / Markt | Verbraucher-schutzthemen | Biologie / Medizin / Umwelt | Regulierung | Diskurse |
|--|---|--|---|---|
| **EU-Projekte zu EHS | **Nanomaterialien – Lebensmitteln | **Was sind synthetische Nanopartikel? | Produktkennzeichnung | **Definitionen der Nanotechnologie |
| *Anteil der Begleitforschung Nationale Projekte zu EHS | Nanomaterialien – Kosmetika Wo und wie kommt man mit Nanomaterialien in Berührung? | **Wie kommen Nanopartikel in den Körper? *Herstellungsprozesse synthetischer Nanopartikel | Codes of Conduct Vorschläge zur Regulierung | *Vergleich Nanopartikel–Asbest Gentechnik–Nano-Diskussion – eine Analogie? |
| Projekte zur Kommunikation | Bakterizide Anstriche (Silbernanopartikel) Abfall-Problematik | *Zelluläre Wechselwirkungen *Freie Radikale / oxydativer Stress | Aktivitäten der Behörden national/ international REACH-Verordnung und Nanopartikel | |

Legende: ** Themen, die bereits in Bearbeitung waren
* Themen, die derzeit bearbeitet werden

Aufbereitung des Diskussions- und Wissensstandes in Form von „Dossiers“

Das Ziel der thematisch fokussierten Recherche- und Analysearbeit ist die Aggregation und Kommentierung der verfügbaren Informationen. Schließlich sollen die Ergebnisse in Form von „NanoTrust-Dossiers“ frei zugänglich zur Verfügung gestellt werden (dazu unten in Abschnitt 3.2.2). Im Anhang zu diesem Bericht finden sich jene fünf Dossiers, die zum Zeitpunkt der Berichtslegung bereits verfügbar waren. Die darin behandelten Themen lauten:

- Zur Definition der Nanotechnologie
- Was sind synthetische Nanopartikel?
- Wie kommen Nanopartikel in den menschlichen Körper und was verursachen sie dort?
- Nanopartikel und nanostrukturierte Materialien in der Lebensmittelindustrie
- Umwelt- und Gesundheitsauswirkungen von Nanopartikeln – EU-Projekte im 6. RP

Diese und die in unregelmäßigen Abständen folgenden Dossiers fassen den Wissens- und Diskussionsstand zu jeweils einem Spezialthema zusammen.

3.1.2 Qualitätssicherung

Qualitätssicherung intern im Team und unter Einbeziehung externer ExpertInnen

Die vom NanoTrust-Team erzielten Ergebnisse werden intern und extern begutachtet: intern durch einen Projektbeirat, der vor allem die TA-Perspektive einbringt und zur Qualitätssicherung der Texte beiträgt; darüber hinaus finden in regelmäßigen Abständen interne Projektpräsentationen statt, bei denen das gesamte ITA-Team die laufende Arbeit kritisch diskutiert. Bei der Analyse des Wissensstandes werden die Ergebnisse nicht nur innerhalb des Projektteams intensiv überprüft, sondern auch im Zuge direkter Kontakte mit einschlägigen ExpertInnen im In- und Ausland auf ihre sachliche Richtigkeit kontrolliert. Als weiteres Element der Qualitätssicherung werden einzelne Mitglieder des externen Beirats für die Begutachtung miteinbezogen.

3.2 Kommunikation der Ergebnisse

3.2.1 Grundprinzipien und Zielgruppen

Im Rahmen dieses Projekts wird besonderer Wert auf die Vermittlung der erzielten Ergebnisse gelegt. Das Kommunikationskonzept basiert auf drei Säulen: (1) „passive“ Öffentlichkeitsarbeit, (2) Transparenz und (3) aktive Vernetzungsarbeit.

NanoTrust betreibt eine Form von Öffentlichkeitsarbeit, bei der ein seriöses Informationsangebot zum „Abholen“ bzw. auf direkte Anfrage bereitgestellt wird. Es werden jedoch keine Dialogveranstaltungen o. ä. und keine Medienkampagnen für die allgemeine Bevölkerung organisiert.

Das NanoTrust-Team hat sich selbst zur prinzipiellen Transparenz verpflichtet. Damit ist gemeint, dass wir größtmögliche Offenheit pflegen, um Vertrauen in die Unabhängigkeit und Seriosität von NanoTrust zu schaffen, wie dies auch im Namen des Projekts verankert ist.¹ Die Grenzen dieser Transparenz liegen dort, wo es um personenbezogene Daten, Geschäftsgeheimnisse, nicht-autorisierte Publikationen etc. geht. Das NanoTrust-Team ist zur Erfüllung seiner Aufgaben (vor allem des Risiko-Radars) darauf angewiesen, Ansehen und Vertrauen unter den mit Nanotechnologie Befassten zu genießen; daher muss mit eventuell vertraulich mitgeteilten Informationen auch entsprechend umgegangen werden. Es wird mit den InformantInnen jeweils ausgehandelt, was veröffentlicht werden darf und was nicht.

Die prinzipiell passive Öffentlichkeitsarbeit wird durch eine aktive Vernetzungsarbeit und die Schaffung von Beteiligungsmöglichkeiten ergänzt. NanoTrust spricht die Scientific Community und MultiplikatorInnen (s. u.) an, vernetzt sich mit diesen Akteuren und erstellt maßgeschneiderte Informationsangebote. Das beinhaltet auch die Organisation von Fachveranstaltungen.

Die Zielgruppe der Kommunikationsaktivitäten des Projekts ist vielfältig: Im Zentrum steht der direkte Auftraggeber: Das ist primär das Staatssekretariat für Technologie und Innovation im BMVIT und die Technologiesektion. Daneben sind jedoch Adressaten von NanoTrust selbstverständlich auch jene Behörden und politischen Gremien, die im weitesten Sinne mit Agenden betraut sind, die die Forschung zu bzw. den späteren Einsatz von Nanotechnologien betreffen. Dazu gehören neben dem Österreichischen Parlament insb. die für Forschung, Gesundheit, Konsumentenschutz, Wirtschaft, Umwelt, Wasser und Lebensmittel zuständigen Ministerien sowie deren nachgelagerte Dienststellen oder beauftragte Gremien, wie etwa das Umweltbundesamt, die AGES oder die FFG. Ein weiterer wichtiger Adressat der NanoTrust-Aktivitäten ist die einschlägige Forschungslandschaft und jene Teile der Wirtschaft, die entweder selbst F&E im Bereich Nanotechnologie betreiben oder als NutzerInnen dieser Entwicklungsarbeit in Frage kommen. Gerade auch den mit konkreten F&E-Aktivitäten im Bereich Nanotechnologie befassten WissenschaftlerInnen und EntwicklerInnen sollen in kompakter Form

Grundprinzipien der NanoTrust-Kommunikation:

(1) „passive“ Öffentlichkeitsarbeit

(2) Transparenz

(3) aktive Vernetzungsarbeit

Zielgruppen:
- Politik & Verwaltung
- Forschung & Wirtschaft
- interessierte Öffentlichkeit

¹ Es sei betont, dass NanoTrust demgegenüber kein Vehikel für das systematische Setzen vertrauensbildender Maßnahmen mit dem Zweck sein kann, um „die Bevölkerung“ gegenüber „der Nanotechnologie“ positiv zu stimmen. Dieser Effekt kann zwar möglicherweise indirekt auch durch die Aufbereitung des Wissensstandes und einen transparenten Umgang damit eintreten, ist jedoch in erster Linie davon abhängig, welches Wissen überhaupt zu Tage gefördert werden kann und wie die verschiedenen Akteure damit umgehen werden.

Informationen angeboten werden, die im Forschungsalltag nicht immer zentral sind. Hierzu gehören vor allem Risikoaspekte der Nanotechnologie und mögliche gesellschaftliche Auswirkungen. Schließlich ist die interessierte Öffentlichkeit eine wichtige Zielgruppe. Diese umfasst einerseits NGOs und die MultiplikatorInnen in den Medien (JournalistInnen), andererseits auch jenen Teil der allgemeinen Bevölkerung, der sich generell für Fragen der F&E interessiert und sich über entsprechende Entwicklungen über die Medien (Presse, Radio, Fernsehen) informiert.

3.2.2 Kommunikationswege

NanoTrust nimmt neben direkten Kontakten mit der „Nano-Community“ auf drei Wegen mit den Zielgruppen Kontakt auf: (A) über das Internet, (B) über Veranstaltungen und (C) über Aussendungen und Publikationen.

nanotrusted.ac.at

(A) Über die NanoTrust-Webseiten wird das Projekt seine wesentlichen Ergebnisse für alle Interessierten anbieten. Damit soll diese Plattform im Laufe der Zeit zu einem zentralen Wissenspool, zu einem „virtuellen Clearing House“ werden.



Abbildung 1: NanoTrust im Internet

NanoTrust-Dossiers: der Wissensstand in Kurzform

NanoTrust-Dossiers fassen in aller Kürze (drei bis maximal sechs Seiten) in nicht-wissenschaftlicher Sprache den aktuellen Wissensstand zu jeweils einem aktuellen Thema (vgl. oben Tabelle 1) zusammen. Bei neuen Entwicklungen oder nach Feedback werden diese Dossiers in überarbeiteter Version angeboten. Die Dossiers bieten somit fundierte Informationen zu wichtigen Themen. Sie werden als PDF-Dokument online kostenlos zur Verfügung gestellt, was nicht ausschließt, dass bei besonderem Interesse an einigen Dos-

siers eine begrenzte Anzahl auch gedruckt an einzelne Akteure verschickt werden kann.

In Ergänzung zu den Dossiers ist geplant, eine so genannte Frequently Asked Questions (FAQ)-Liste und ein Glossar aufzubauen, die Antworten auf Einstiegsfragen zum Thema geben werden.

Gemeinsam mit Kooperationspartnern (s. o.) wird eine bibliographische Datenbank zur einschlägigen Literatur aufgebaut. Über eine Schnittstelle auf den NanoTrust-Internetseiten wird diese Datenbank auszugsweise (d. h. insb. ohne die internen Kommentierungen und die Links zu urheberrechtlich geschützten Dokumenten) auch einer breiteren Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt. Sie bietet Zugriff auf die wissenschaftlichen Hintergrundinformationen, auf denen die Dossiers aufbauen, sowie auf sonstige Quellen (etwa einschlägige politische Dokumente). Die Datenbank enthält zum Berichtszeitpunkt bereits über 1000 Einträge.

Als weiteres, über die NanoTrust-Webseiten erreichbares Informationsangebot, wird eine kommentierte Linksammlung angeboten. Sie deckt die Akteure und Informationsquellen rund um Fragen der Nanotechnologie in folgenden Kategorien ab: Forschungseinrichtungen, Begleitforschung, Industrie/Handel, Netzwerke/ Verbände, NGOs und Behörden, Internetplattformen, Forschungsprojekte, Publikationen, Produkte sowie Veranstaltungen. Die Linksammlung enthält zum Berichtszeitpunkt bereits über 230 kommentierte Links.

(B) Die zweite große Schiene der Kommunikationsaktivitäten von NanoTrust sind Veranstaltungen in verschiedenen Formaten. Das NanoTrust-Team organisiert öffentliche Tagungen sowie Workshops zu speziellen Themen in kleineren Gruppen. Folgende Veranstaltungstypen sind geplant:

- Als jährliches Event organisiert NanoTrust Herbsttagungen für rund 50 TeilnehmerInnen: Die erste Tagung fand bereits am 25. 9. 07 in Wien statt und war dem Thema „Risk Governance of Nanotechnologies: The International State-of-the-Art“ gewidmet. Die zweite Tagung wird derzeit für den 29. 9. 08 vorbereitet und wird sich dem Thema “Nanotechnologies: The Present State of Regulation” annehmen. In der Regel halten fünf bis sechs internationale ExpertInnen Vorträge, die für das österreichische Publikum internationale Entwicklungen aufbereiten.
- Außerdem werden für kleinere Zielgruppen Arbeitstreffen und kleinere Seminare bzw. Workshops zu Spezialthemen organisiert. Diese dienen zum einen dem Informations- und Wissensaustausch bzw. der Informationsvermittlung und der Bewusstseinsbildung bei Risikofragen unter den ForscherInnen; zum anderen der Vernetzung verschiedener Akteure, die mit speziellen Themen befasst sind. Unmittelbar sind solche Treffen für die Themen Lebensmittelsicherheit, Arbeitsplatzsicherheit, Toxikologie sowie Konsumentenschutz in Vorbereitung.
- Weiters beteiligen wir uns, wenn wir dazu aufgefordert werden, auch an Fachtagungen Dritter (z. B. Viennano’09, BioNanoMed’09), etwa durch die Organisation oder die Beratung bei speziellen Sessions. Wenn Bedarf besteht, ist das Team auch dafür offen, kleinere wissenschaftliche Tagungen in Kooperation mit anderen Institutionen mitzuorganisieren.

(C) Der Grundsatz der „passiven“ Kommunikation schließt nicht aus, dass etwa bei Fertigstellung von Dossiers oder anderen wichtigen Zwischenergebnissen elektronische Aussendungen verschickt werden (ev. auch spezielle Presseaussendungen). Darüber hinaus werden Artikel und Beiträge zu Newslettern verfasst. Ferner nehmen die MitarbeiterInnen durch Vorträge auf nati-

Bibliographische Datenbank

Linksammlung

Veranstaltungen

**29. September 2008:
Tagung zur Regulierung
der Nanotechnologie**

Aussendungen Artikel Vorträge Interviews

onalen oder internationalen, wissenschaftlichen und populärwissenschaftlichen Veranstaltungen aktiv teil und das Team steht für Medien-Interviews zu Verfügung.

3.3 Vernetzung und Kooperation

NanoTrust macht nicht alles selbst, sondern profitiert auch vom Wissen anderer

Es ist ein wichtiger Teil der Arbeit von NanoTrust, sich zu vernetzen bzw. Vernetzungen Dritter zu fördern und Kooperationen einzugehen. Damit kann das Team auf Erfahrungen anderer (national und international) aufbauen. Die großen Themen EHS und ELSI der Nanotechnologie sollen in Zusammenarbeit bearbeitet und Forschungsergebnisse anderer sollen in Österreich verfügbar gemacht werden. Bei seinen Aktivitäten zu Vernetzung und Kooperation nimmt das NanoTrust-Team besonders Bedacht darauf, in keine Abhängigkeitsverhältnisse zu geraten (weder Unter- noch Überordnung) und zu den Beteiligten Äquidistanz zu halten.

Risiko:dialog

NanoTrust hat sich als Themenpartner im sog. Risiko:dialog engagiert. Dies ist eine Initiative des Umweltbundesamts und der ORF Wissenschaftsredaktion (Radiosender Ö1). Allgemeines Ziel des Risiko:dialogs ist die Durchführung öffentlicher Veranstaltungen zu risiko- und sicherheitsrelevanten Themen (z. B. Klimawandel). Bisher gab es zwei Veranstaltungen zum Thema Nanotechnologien (Podiumsdiskussion im Rahmen der ersten NanoTrust-Herbsttagung und eine öffentliche Veranstaltung plus Workshop am 6. 12. 07). Das ITA fungiert hier als wissenschaftlicher Berater. In etwa halbjährlichen Abständen finden dazu Koordinierungssitzungen, sog. „Themenpartnertreffen“, statt.

Nano-Plattform

Weiters sind Mitglieder des NanoTrust-Teams regelmäßige und aktive TeilnehmerInnen in der sog. Nano-Plattform. Auf Initiative des BMLFUW, Abt. V/2: Stoffbezogener Umweltschutz, Chemiepolitik, Risikobewertung und Risikomanagement (T. Jakl), finden regelmäßige Treffen von interessierten Behörden und sonstigen Stakeholdern statt. Im Zentrum der bislang zwei Treffen standen die Chemieregulierung (REACH, OECD) und Fragen des Umwelt- und Arbeitsschutzes.

FFG – Nano-Initiative

NanoTrust pflegt regelmäßigen Kontakt zur Programmleitung der Nano-Initiative in der Forschungsförderungsgesellschaft (FFG). NanoTrust hat und wird die FFG hinsichtlich jener Teile der Ausschreibungsunterlagen beraten, die sich auf die Auseinandersetzung der Antragssteller mit Gesundheits- und Risikoaspekten ihrer Projekte und Verbünde beziehen. Weiters wird durch NanoTrust eine Liste potenzieller EvaluatorInnen für diese Teile der Anträge erstellt (ist aber nicht selbst in die Evaluierung involviert). Auch beim neuen Nano-Award berät NanoTrust und schlägt GutachterInnen vor. Darüber hinaus richten sich die Dossiers und Spezialveranstaltungen (geplant etwa zum Arbeitsschutz) zur Hebung des Bewusstseins für Risikofragen explizit an die Klientel der Nano-Initiative.

informelle Treffen

Eine wichtige Aktivität beim Aufbau des Netzwerks sind informelle Treffen mit relevanten Akteuren. Bislang wurden insbesondere Treffen mit Vertretern der Wirtschaftskammer Österreich (WKÖ) und der Arbeiterkammer (AK) initiiert. Weiters wurden Kontakte zu diversen sonstigen Stakeholdern und Beratungseinrichtungen (z. B. Ökologie-Institut) geknüpft. Über die o. g. Plattform und den externen Beirat entstehen weitere Arbeitsbeziehungen zu anderen Ministerien bzw. Behörden, wie etwa dem BMWF, BMSK, RFT und AGES.

wissenschaftliche Kooperationen

Schließlich baut NanoTrust Kooperationen mit einschlägigen Forschungsgruppen im In- und Ausland auf. Bisher sind dies das Institut für Technikfol-

genabschätzung und Systemanalyse (ITAS) des Forschungszentrums Karlsruhe, welches seit Jahren wegweisende Projekte durchführt, aber auch andere TA-Einrichtungen in Europa (über europäische Kontakte im TA-Netzwerk des Instituts) sowie der International Risk Governance Council (IRGC), die Eidgenössische Materialprüfanstalt (EMPA), das Forschungsprogramm NanoNed (University of Utrecht, A. Rip), das österreichische Umweltbundesamt (Bereich Stoffe & Analysen, G. Lorbeer) und Joanneum Research bzw. die BioNanoNet Forschungsgesellschaft mbH (F. Sinner). Diese Kooperationen können mittelfristig – über ihre primäre Funktion des Wissensaustauschs hinaus – zu gemeinsamen Forschungsprojekten führen. Bereits in den ersten Monaten wurden einige gemeinsame Projekte, teils auf europäischer Ebene angedacht.

4 Ausblick

In den ersten Monaten der Laufzeit seit Herbst 2007 beobachtete das NanoTrust-Team in Österreich ein wachsendes Interesse an Sicherheits- und Risikofragen sowie an gesellschaftlichen Aspekten (etwa Regulierung) der Nanotechnologien. Während diese Themen bislang noch kaum in der breiten Öffentlichkeit diskutiert werden und lediglich gelegentlich in den Wissenschaftsrubriken der Qualitätsmedien aufscheinen, haben das Parlament und die Verwaltung (einschließlich der ausgelagerten Bundesämter und Agenturen) aber auch die Sozialpartner in den letzten Monaten die Nanotechnologien als relevantes Themenfeld entdeckt. Innerhalb der Institutionen gibt es mittlerweile Personen mit einschlägiger Agenda, es haben sich Arbeitskreise gebildet (teilweise auch zwischen den Einrichtungen) und diese verfolgen die internationalen Entwicklungen aufmerksam. Auf internationaler Ebene sind insbesondere die enorme Anzahl einschlägiger Veranstaltungen und Projekte auf nationaler und EU- bzw. OECD-Ebene zu erwähnen. Die aktuell großen Themen sind etwa Nanopartikel in Lebensmitteln und Kosmetika, die diversen Bemühungen um so genannte „Codes of Conduct“ für Industrie und Forschung, aber auch Arbeitsschutz und Standardisierungsbemühungen (Terminologie, Mess- und Analysemethoden). In einigen Ländern (etwa der Schweiz, Belgien, Holland, Frankreich) wird das Thema auch in speziellen, an die breite Öffentlichkeit gerichteten Veranstaltungen diskutiert.

Auf diese Entwicklungen Bezug nehmend, sieht die Vorgangsweise des NanoTrust-Projekts per Ende Mai folgende Punkte vor: Unmittelbar stehen die Veröffentlichung der ersten Dossiers sowie die Bewerbung der Webseiten von NanoTrust als Anlaufstelle im Internet bevor. In den kommenden Monaten werden die Webseiten ausgebaut (Literaturdatenbank, FAQ, Feedbackmechanismus), die Herbsttagung und diverser Arbeitstreffen in Kleingruppen organisiert.

Im Zentrum der weiteren Arbeit wird die Erstellung weiterer NanoTrust-Dossiers aus der Liste der aktuellen Themen und damit die Recherche und wissenschaftliche Aufarbeitung des Wissensstandes zu potenziellen Risiken und nicht-technischen Aspekten der Nanotechnologie stehen. Dadurch sollen sukzessive Wissenslücken in diesem bereiten Forschungsfeld geschlossen werden. Daneben werden die erfolgreichen Aktivitäten der Vernetzung, der Kooperationsanbahnung, die Konferenzbesuche einschließlich Vortrags- und Veröffentlichungstätigkeit fortgesetzt.

Nanotechnologie wurde auch in Österreich als Thema entdeckt

die großen Themen international und national

NanoTrust: die weitere Vorgangsweise

Anhang

Nanotrust-Dossier 001: Zur Definition der Nanotechnologie

Nanotrust-Dossier 002: Was sind synthetische Nanopartikel?

Nanotrust-Dossier 003: Wie kommen Nanopartikel in den menschlichen Körper und was verursachen sie dort?

Nanotrust-Dossier 004: Nanopartikel und nanostrukturierte Materialien in der Lebensmittelindustrie

Nanotrust-Dossier 005: Umwelt- und Gesundheitsauswirkungen von Nanopartikeln – EU-Projekte im 6. RP



U. Fiedeler, M. Simkó,
A. Gzásó, M. Nentwich

Zur Definition der Nanotechnologie

Zusammenfassung

Mittlerweile gibt es eine Reihe von Definitionen der Nanotechnologie. Jedoch hat sich bisher noch keine präzise und allgemein akzeptierte Definition durchgesetzt. Vor dem Hintergrund eines wachsenden Bedarfs an Regulierung, Harmonisierung und Standardisierung nimmt auch die Nachfrage nach klaren Abgrenzungen und Zuordnungen zu. Dies betrifft nicht nur den Bereich der Politik, sondern auch wirtschaftliche Akteure. Abgesehen von den praktischen Schwierigkeiten einer Definition der Nanotechnologie einerseits gibt es auf der anderen Seite handfeste Interessen, die gegen eine einheitliche Definition sprechen. So bietet die Offenheit des Begriffes für WissenschaftlerInnen den Handlungsspielraum, um interdisziplinäre Forschungsthemen zu etablieren und neue Koalitionen zu bilden. Darüber hinaus spielt die Offenheit des Begriffes, wie bereits bei anderen „Plastikwörtern“¹ ausführlich analysiert, eine entscheidende Rolle im öffentlich-medialen Diskurs. In diesem Dossier wird eine Auswahl der gebräuchlichsten Ansätze von Definitionen der Nanotechnologie vorgestellt und diskutiert. Zudem werden einige politische und wissenschaftsstrategische Hintergründe beleuchtet.

Einleitung

Ein wesentliches Charakteristikum der Nanotechnologie ist, dass sie ein äußerst breites Spektrum an Forschungsansätzen, Präparations-, Prozess- und Analysetechniken umfasst, sowie unterschiedliche Produkte bzw. Produktkonzepte beinhaltet. Für viele Fragestellungen, insbesondere der Standardisierung und Regulierung aber auch einer übergreifenden Markt- und Potenzialanalyse wäre eine einheitliche präzise Definition wünschenswert. Dies betrifft nicht nur den Bereich der Politik, sondern auch wirtschaftliche Akteure, die sich mittels einer Vereinheitlichung eine größere Kompatibilität an den Schnittstellen der Wertschöpfungskette erhoffen. In Berichten zur Forschungspolitik und in Forschungsprogrammen der Nanotechnologie zu finden. Zu Beginn des Dossiers werden die gebräuchlichsten Ansätze von Definitionen der Nanotechnologie vorgestellt. Hierbei wird diskutiert, inwiefern sie dem Anspruch einer übergreifenden Definition der gesamten Nanotechnologie genügen. Es wird argumentiert, dass dies kein sinnvolles Ziel sein kann. Dies ergibt sich nicht nur aus den eher technischen Schwierigkeiten einer Definition der Nanotechnologie, sondern auch aus politischen und wissenschaftsstrategischen Aspekten, welche im letzten Abschnitt des Dossiers erläutert werden.

Beispiele von Definitionen der Nanotechnologie

Die einfachste und vielleicht am häufigsten verwendete Definition der Nanotechnologie bezieht sich auf die namensgebende Größenordnung. Als Beispiel sei hier die Definition des Nanoforums genannt:

„Nanotechnologie ist ein Bereich der Technologie, in der Dimensionen und Abstände von 0,1 bis 100 Nanometern eine kritische Rolle spielen.“²

So kurz und einleuchtend diese Definition auch ist, sie eignet sich nicht dazu, eine Technologie eindeutig zur Nanotechnologie hinzu zu rechnen bzw. von ihr zu unterscheiden. Häufig wird diese Art der Definition noch dadurch erweitert, dass Beispiele genannt werden, die klären sollen, auf welche Weise die Größenordnung eine „kritische“ Rolle spielt. Dadurch ergibt sich dann zwar eine mehr oder weniger vage Vorstellung darüber, was Nanotechnologie alles umfasst, eine solche Liste eignet sich aber nicht dazu, andere Technologien, die nicht in der Liste enthalten sind, präzise zuzuordnen bzw. von ihr zu unterscheiden.

Die Definition der US-amerikanischen „National Nanotechnology Initiative (NNI)“ beinhaltet neben der Angabe der Größenordnung eine Beschreibung, warum gerade die Größenordnung von 1–100 Nanometern eine hervorgehobene Rolle spielt:

„Das Wesen der Nanotechnologie beruht auf der Fähigkeit, auf der molekularen Ebene, Atom für Atom, größere Strukturen zu schaffen [...]. Im Gegensatz zum Verhalten einzelner Moleküle [...] bzw. von makroskopischen Materialien zeigen Strukturen in dem Bereich von 1 bis 100 nm wichtige Verhaltensände-

Nanoforum Das Nanoforum ist aus einem Projekt der Europäischen Kommission hervorgegangen und hat nun den Status eines European Economic Interest Grouping (EEIG). Auf seinen Internetseiten (www.nanoforum.org) bietet das Nanoforum eine Vielzahl von Informationen darunter Ausschreibungen, Veranstaltungshinweise, Fördermöglichkeiten und öffentlich zugängliche Dokumente zur Nanotechnologie an; einige dieser Studien wurden vom Nanoforum im Auftrag gegeben. Mitte 2007 ist die Förderung durch die EU ausgelaufen. Die Aktivitäten werden aber durch Eigenmittel einiger Partner³ und in geringem Umfang durch Werbeeinnahmen bis auf Weiteres aufrechterhalten.

rungen. Nanotechnologie beschäftigt sich mit Materialien und Systemen, deren Strukturen und Komponenten auf Grund ihrer Nanoskaligkeit neue und deutlich verbesserte physikalische, chemische und biologische Eigenschaften aufweisen und neue Phänomene und Prozesse erlauben. Ziel ist es, diese Eigenschaften zu explorieren, indem Kontrolle über Strukturen und funktionelle Einheiten auf atomarer, molekularer und supramolekularer Ebene gewonnen wird und diese funktionellen Einheiten effizient zu produzieren und zu nutzen. [...] Die wichtigsten Verhaltensänderungen werden nicht durch das Ausmaß der Größenreduktion hervorgerufen, sondern durch neu zu beobachtende Phänomene, die dem Nanobereich inhärent sind bzw. dort dominant werden. [...]"⁴

Hier wird erwähnt, dass aufgrund der Manipulation im Bereich von Nanometern Materialien und daraus hervorgehende Geräte neue Eigenschaften und Funktionen erhalten. Es wird allerdings nicht spezifiziert, wie diese neuen Eigenschaften und Funktionen aussehen. In dieser Definition wird zudem noch deutlicher hervorgehoben, dass Nanotechnologie sich dadurch auszeichnet, dass Strukturen in der besagten Größenordnung gezielt hergestellt und manipuliert werden. Insofern beinhaltet die zweite Definition Anhaltspunkte, um die Nanotechnologie gegenüber biologischen oder chemischen Systemen abzugrenzen. Deren funktionsgebende Strukturen liegen auch in dem genannten Größenordnungsbereich, werden jedoch nicht durch gezielte Manipulation technisch hergestellt. Beide Definitionen stimmen in der Angabe des Bereiches der „kritischen“ Größenordnung überein.

Die in Deutschland gebräuchlichste Definition der Nanotechnologie lautet:

„Gegenstand der Nanotechnologie ist die Herstellung und Anwendung von Strukturen, molekularen Materialien, inneren Grenzflächen und Oberflächen mit kritischen Dimensionen oder Fertigungstoleranzen von einigen 10 nm bis zu atomaren Abmessungen. [...] Ziel ist die Präparation materialabhängiger Festkörpereigenschaften, -dimensionen und neuen Funktionen basierend auf neuen physikalisch-chemisch-biologischen Wirkprinzipien, deren Ursache im submikroskopischen bzw. im atomaren und molekularen Bereich begründet sind. (...) Nanotechnologie beschäftigt sich mit Systemen, deren neue Funktionen und Eigenschaften nur allein von den nanoskaligen Effekten ihrer Komponenten abhängig sind.“⁵

Hier wird ganz explizit darauf hingewiesen, dass diese neuen Eigenschaften und Wirkprinzipien der in der Definition genannten Größenordnung verdankt sein müssen. Offen bleibt, was die neuen Phänomene bzw. die neuen Wirkprinzipien sind. Auch bei diesem Ansatz der Definition der Nanotechnologie bleibt noch ein großer Interpretationsspielraum bestehen, der einer klaren Zuordnung von Techniken und Forschungsansätzen zur Nanotechnologie im Wege steht.

Alle drei hier ausgewählten Definitionen konzentrieren sich auf technologische Aspekte der Nanotechnologie. In der Regel wird aber auch die Erforschung von Strukturen der Nanometerdimension, die zunächst nur darauf abzielt, Prinzipien und Wirkzusammenhänge zu verstehen, dabei jedoch kein Element der Manipulation aufweist, ebenfalls als Nanotechnologie bezeichnet.⁶

Neue Eigenschaften

Der Verweis auf bisher nicht bekannte Eigenschaften, die dann wiederum bisher nicht bekannte Funktionen ermöglichen, ist ein wesentliches Argumentationsmuster, welches häufig verwendet wird, um das große Potenzial gesellschaftlich nutzbarer Anwendungen der Nanotechnologie plausibel zu machen. In den beiden zuletzt genannten Definitionen der Nanotechnologie wird explizit erwähnt, dass aufgrund der Manipulationsmöglichkeit auf der Nanometerskala neue Phänomene auftreten, die technisch genutzt werden können.

Betrachtet man jedoch die häufig genannten Beispiele solcher Phänomene und deren technische Anwendungen, dann stellt sich schnell heraus, dass viele dieser Anwendungen bereits seit vielen Jahren, zum Teil schon seit Jahrzehnten technisch genutzt werden. Ein besonders spektakuläres Beispiel ist die Verwendung von Goldpartikeln in Nanometer Größe, welche schon seit dem Mittelalter zum Färben von Gläsern, insbesondere für Kirchenfenster, eingesetzt wurden. Dieses häufig zitierte Beispiel für eine Nanotechnologie zeigt jedoch die Dehnbarkeit des Begriffes. Im Mittelalter war die Ursache der Färbung (Goldpartikel in Nanometergröße) nicht bekannt, überdies wurden die Goldpartikel nicht gezielt hergestellt. Vor diesem Hintergrund ist es im Lichte der oben erwähnten Definitionen fragwürdig, diese Technologie als Nanotechnologie zu bezeichnen. Dieses Beispiel zeigt auch, dass die physikalischen Effekte⁷, von denen erwartet wird, dass sie gehäuft im Nanometerbereich auftreten, schon vor dem Aufkommen des Be-

griffes der Nanotechnologie technisch genutzt wurden. Dieser Verweis auf die schon seit Jahrhunderten dauernde Nutzung der Nanotechnologie schwächt jedoch die Argumentation, dass es sich bei der Nanotechnologie um etwas völlig Neues handelt und dass daher auch mit einem sehr großen bisher noch nicht erschlossenen, technisch nutzbaren Potenzial zu rechnen ist.

Anhand zweier Beispiele, einem aus dem Bereich der Mikroelektronik und einem aus dem Bereich der Biologie, sollen im Folgenden weitere Probleme der oben vorgestellten Definitionen erörtert werden.

Mikroelektronik

Seit einiger Zeit wird die Mikroelektronik immer öfter der Nanotechnologie zugerechnet.⁸ Dieses Vorgehen ist anhand der oben genannten Definitionen nachvollziehbar, wenn auch nicht eindeutig. Funktionsgebende Strukturen, z. B. der Abstand zwischen „Source“ (Quelle) und „Drain“ (Senke) eines Transistors (auch als Gate-Länge bezeichnet), liegen bei den heutigen Mikroprozessoren um 30 nm und in absehbarer Zukunft (2010) bei 18 nm.⁹ Unstrittig ist auch, dass diese Struktur gezielt hergestellt wird, dass es sich also um eine Technologie handelt. Interpretationsbedürftig ist aber die Frage, ob die Funktion dieser Struktur auf seine Größe zurückzuführen ist. Vielmehr scheint es so, dass die Funktion unabhängig von der Größe in den letzten Jahrzehnten immer die gleiche geblieben ist, sich lediglich die geometrischen Abmessungen verändert haben.

Gate-Länge Das wichtigste Bauteil der Mikroelektronik ist ein Feldeffekt-Transistor. Er dient als elektronischer Schalter. Der Stromfluss durch den Transistor wird mittels der Variation einer Spannung gesteuert. Diese wird über dem Bereich zwischen der Stelle, wo die Elektronen des Stroms in den Transistor eintreten (Source = Quelle) und der Stelle, wo sie wieder austreten (Drain = Senke) angelegt. Die Funktionseinheit, an der die Steuerspannung angelegt wird, wird als Gate (Tor) bezeichnet. Ihre Längenausdehnung ist eine charakteristische Größe des gesamten elektronischen Bauteils und bestimmt u. a. auch die Schaltgeschwindigkeit, welche wiederum für die Taktfrequenz des gesamten mikroelektronischen Chips von entscheidender Bedeutung ist.¹⁰

Biologie

Im Zuge der Fortschritte molekularbiologischer Forschung wird mehr und mehr verstanden, wie die verschiedenen biologischen makromolekularen Funktionseinheiten (Enzyme, Pro-Enzyme etc.) im Detail aufgebaut sind und inwiefern diese Strukturen ihre Wirkungsweise determinieren. Mittlerweile ist es möglich, einzelne Strukturelemente durch eine Kombination von bestimmten Substanzen und einer entsprechenden Prozessführung zu manipulieren. Soll jedoch anhand der oben vorgestellten Definitionen entschieden werden, ob es sich bei diesen Manipulationen biologischen Materials um Nanotechnologie handelt, müssen folgende Fragen geklärt werden:

- Handelt es sich bei der Manipulation um Eingriffe, die als gezielte Strukturierungen im Nanometermaßstab bezeichnet werden können oder ist sie eher mit einer Herstellungsmethode vergleichbar, die der Chemie oder Biologie hinzu zu rechnen ist?
- Inwiefern ist die Struktur für die Funktion ausschlaggebend und inwiefern handelt es sich hier um „neue Phänomene“, die sich von bisherigen Erscheinungen unterscheiden?

Beide Beispiele verdeutlichen, dass es im konkreten Einzelfall schwierig ist, anhand der oben vorgestellten Definitionen zu entscheiden, ob es sich um Nanotechnologie oder um „konventionelle“ Technologie handelt. Dies ist unabhängig davon, ob es sich dabei um ein Produkt oder um ein Herstellungsverfahren handelt. Allein die für jeden Einzelfall notwendigen Detailkenntnisse würden eine interdisziplinär zusammengesetzte Kommission hochkarätiger Experten erfordern, die dann erst nach eingehender Prüfung die zur Diskussion stehende „Technologie“ der Nanotechnologie zurechnen bzw. als von ihr verschieden identifizieren könnte. Ein solches Vorgehen ist für die Praxis völlig ungeeignet. Mit welchen Schwierigkeiten der Entwicklung einer eindeutigen Definition und ihrer Anwendung auf den Einzelfall zu rechnen ist, ist bei Schmidt et al.¹¹ ausführlich diskutiert.

Gesetzt den Fall, dass es möglich wäre, eine eindeutige Definition zu finden, stellt sich darüber hinaus die Frage, welche Einheit der betrachteten Technik bzw. des Gerätes als Teil der Nanotechnologie angesehen werden soll. So stellt sich beispielsweise bei der Mikroelektronik bzw. der Nanoelektronik die Frage, ob nur die Prozesse, die unmittelbar im Zusammenhang mit der Strukturierung der Gate-Länge der Nanotechnologie zuge-

rechnet oder ob das gesamte Produkt, der Chip, oder gar die kleinste kommerziell erhältliche Einheit, das Motherbord, als nanotechnologisches Produkt angesehen werden soll. Dies ist insbesondere von Bedeutung, wenn gesellschaftliche Konsequenzen der Nanotechnologie diskutiert werden. Das bedeutet, dass je nach Art der Zurechnung das Marktvolumen der Nanotechnologie oder die Anzahl der Arbeitsplätze, die mit der entsprechenden Nanotechnologie in Zusammenhang gebracht werden, deutlich unterschiedlich ausfallen. Häufig getätigte Aussagen über zu erwartende wirtschaftliche Potenziale und Entwicklungen sind aus diesem Grund mit Vorsicht zu betrachten und sind ohne die genaue Angabe, welche Teile des Produktes oder des Prozesses in die Kalkulation mit aufgenommen worden sind, nicht verwertbar.

Politisch-gesellschaftliche Aspekte

Nachdem bisher im Wesentlichen technisch-praktischen Probleme, die einer Definition der Nanotechnologie im Wege stehen, erläutert wurden, soll im Folgenden noch kurz auf die politisch-strategischen Aspekte eingegangen werden, die ebenfalls das Unterfangen, zu einer einheitlichen Definition der Nanotechnologie zu gelangen, erschweren.

Viele Akteure im Bereich der Nanotechnologie haben ein Interesse daran, dass der Begriff offen, flexibel und uneindeutig bleibt. Es ist plausibel anzunehmen, dass dieser nicht-technische Aspekt der Nanotechnologie ihr wesentliches Charakteristikum und das entscheidende Moment ihrer medialen und politischen Präsenz ist.¹²

Der im Folgenden beschriebene Aspekt ist ein allgemeiner Effekt des modernen Wissenschaftssystems, trägt aber dazu bei, dass die Nanotechnologie eher an Diversität gewinnt, denn präzisiert wird. Allein durch die Tatsache, dass bereits erhebliche Fördermittel für die Nanotechnologie reserviert worden sind und umfangreiche Forschungsprogramme im Namen der Nanotechnologie angeboten werden, haben die WissenschaftlerInnen ein großes Interesse, dass ihre Forschungsarbeiten als Nanotechnologie wahrgenommen werden. Sie erhoffen sich, auf diese Weise ebenfalls Zugang zu den Fördermitteln, die für die Nanotechnologie reserviert wurden, zu erhalten. Indem sie ihre Arbeiten als Nanotechnologie deklarieren, tragen sie aber wiederum dazu bei, dass

der Begriff breiter und damit unbestimmter wird. Hinzu kommt, dass WissenschaftlerInnen, die sich aufgrund ihres problemorientierten Forschungsansatzes bisher nicht oder nur in Teilen in die bestehende disziplinäre Landschaft einordnen konnten, in der Nanotechnologie aufgrund ihrer Interdisziplinarität und inhaltlichen Breite eine „Heimat“ finden. Ihnen ist nicht daran gelegen, dass die Nanotechnologie durch eine eindeutige Definition eingeschränkt wird.

Für JournalistInnen ist die Nanotechnologie nicht nur interessant, weil es sich um einen Begriff handelt, der etwas Neues verspricht, sondern auch, weil im Umfeld der Nanotechnologie eine Vielzahl von weitreichenden Szenarien und Visionen mit spektakulären Ideen kursieren. Hier bieten sich zahlreiche Möglichkeiten für Artikel und Medienbeiträge. Eine Egalisierung und Homogenisierung der Nanotechnologie durch eine allgemein akzeptierte Definition würde ihren medialen Charme nur schmälern, so dass auch von Seiten der Berichterstattung über Nanotechnologie kein Interesse an einer Vereinheitlichung des Bildes zu erwarten ist.

Für PolitikerInnen bietet die Nanotechnologie, wie jede neue Technologie, die eine gewisse Schwelle der Aufmerksamkeit überschritten hat, eine Möglichkeit der Profilierung. Die Diversität der Nanotechnologie bietet hier viel Spielraum und erscheint allein daher als relevant, da sie als Querschnittstechnologie viele gesellschaftliche Bereiche betrifft.

Diesen systembedingten Interessen an einer auch weiterhin unscharf definierten Nanotechnologie stehen Bemühungen einer Vereinheitlichung gegenüber. So wurde beispielsweise von der Europäischen Kommission ein Gremium von Experten einberufen, das die bereits existierenden Definitionen nanotechnologischer Materialien systematisiert und eine Reihe von Definitionen ausgearbeitet hat.¹³ Ziel dieser Arbeit war es, vor allem für den Bereich der Toxikologie und der Risikoanalyse handhabbare Definitionen zu entwickeln. Wengleich auch in dieser Arbeit die Frage nach der Abgrenzung zur Biologie und Chemie noch weitgehend offen bleibt, so stellen die vorgeschlagenen Definitionen einen wichtigen Beitrag zu einer Vereinheitlichung dar. Insbesondere Regulierungsmaßnahmen bedürfen klarer Bezeichnung dessen, was sie regulieren sollen, deshalb nehmen die internationalen Bemühungen um eine Standardisierung bestimmter Bereiche der Nanotechnologie mehr und mehr Gestalt an. Die britische Normungsbehörde¹⁴ hat eine Reihe von Standards ausgearbeitet¹⁵, die derzeit auch Diskussions-

grundlage anderer internationaler Standardisierungsbehörden sind (v. a. ISO/TC 299). Einen Überblick über die Aktivitäten weiterer internationaler Standardisierungseinrichtungen sind in ITA¹⁶ und Blind¹⁷ zu finden.

Fazit

Aus wirtschaftlichen und politischen Gründen ist eine eindeutige Definition der Nanotechnologie oder zumindest bestimmter Teilbereiche der Nanotechnologie wünschenswert. Auf Grund ihrer inhärenten Breite, die mit ihrer Charakterisierung über eine Größenordnung verbunden ist, scheint eine einheitliche Definition der gesamten Nanotechnologie jedoch weder wahrscheinlich noch sinnvoll. Hinzu kommen die oben beschriebenen politisch-gesellschaftlichen Phänomene, die einer Vereinheitlichung der Nanotechnologie im Wege stehen. Diese Tendenzen gegen eine Festlegung des Begriffes der Nanotechnologie müssen als ein wesentlicher Aspekt der Nanotechnologie selbst angesehen werden. Ein Ausweg aus diesem Dilemma scheint sich bereits dahingehend anzukündigen, dass nun spezielle Definitionen für Bereiche der Nanotechnologie eingeführt werden. Diese Definitionen beschränken sich nicht nur auf kleine Felder der Nanotechnologie, wie etwa die Unterscheidung verschiedener Typen von Nanopartikeln, sondern werden auch für einen eng begrenzten Zweck entwickelt, z. B. für die Systematisierung von Nanopartikeln hinsichtlich toxikologischer Fragestellungen.

Anmerkungen und Literaturhinweise

- 1 Pörksen, U., 1988, *Plastikwörter – Die Sprache einer internationalen Diktatur*, Stuttgart: Klett-Cotta- Verlag.
- 2 NanoForum, Glossary: Nanotechnology, www.nanoforum.org (19.3.2008), (Übersetzung UF).
- 3 Dies sind vor allem der „Verein deutscher Ingenieure“ (VDI) und das „Institute of Nanotechnology“.
- 4 National Science and Technology Council (NSTC), 2002. *National Nanotechnology Initiative (NNI). The Initiative and Its Implementation Plan. Detailed Technical Report Associated with the Supplemental Report to the President's FY 2003 Budget*. Washington DC, S.19, (Übersetzung UF).
- 5 Bachmann, G., 1998, *Innovationschub aus dem Nanokosmos*. Düsseldorf: VDI-Technologiezentrum Physikalische Technologien.
- 6 Im englischen Sprachraum werden diese Forschungsaktivitäten oft mittels des Begriffes „Nanoscience“ von der Nanotechnologie abgesetzt.
- 7 Die Rot-Färbung des Fensterglases geht auf das durch die Goldpartikeln modifizierte Absorptionsverhalten des Glases zurück. Der dahinter liegende Effekt geht zurück auf die von dem Durchmesser der Goldpartikel abhängige Resonanzfrequenz von Oberflächenplasmonen.
- 8 W.-D. Dudenhausen, 2003, „*Nanoelektronik made in Europe ist einer der wichtigsten Innovationsmotoren*“, BMBF-Pressemitteilung 219/03 vom 25.10.03 www.bmbf.de/press/1004.php (27.5.2008).
- 9 ITRS (2007) *International Technology Roadmap for Semiconductors – Edition 2007*, Executive Summary, www.itrs.net/Links/2007ITRS/ExecSum2007.pdf (27.5.2008).
- 10 Mehr Information ist zu finden unter: de.wikipedia.org/wiki/Metall-Oxid-Halbleiter-Feldeffekttransistor (27.5.2008).
- 11 Schmidt G, Decker M, Ernst, H, Fuchs H, Grünwald W, Grunwald A, Hofmann H, Mayor M, Rathgeber W, Simon U, Wyrwa D, 2003, *Small Dimensions and Material Properties. A Definition of Nanotechnology*. Graue Reihe Nr. 35., Europäische Akademie Bad Neuenahr-Ahrweiler GmbH.
- 12 Fiedeler, U., 2008, *Technology Assessment of Nanotechnology: Problems and Methods in Assessing Emerging Technologies*, in: Erik Fisher, Cynthia Selin und Jameson Wetmore (Hg.): *The Yearbook of Nanotechnology in Society*: Springer.
Schummer, J., 2004, *Societal and Ethical Implications of Nanotechnology: Meanings, Interest Groups, and Social Dynamics*, *Techné* 8:2, 56.
Nordmann, A., 2007, *Entflechtung – Ansätze zum ethisch-gesellschaftlichen Umgang mit der Nanotechnologie*. In: André Gázsó, Sabine Greßler, Fritz Schiemer (Eds.): *nano – Chancen und Risiken aktueller Technologien*. Berlin, pp. 215-229.
- 13 SCENIHR (Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks), 2008, *The existing and proposed definitions relating to products of nanotechnologies*, Brussels: European Commission.
- 14 British Standards Institution (BSI).
- 15 British Standards Institution (BSI), 2008; Press Release 29.01.2008, *Safe approach to nanotechnology – BSI British Standards publishes new guidance for UK industry*, www.bsi-global.com/en/About-BSI/News-Room/BSI-News-Content/Disciplines/Nanotechnology/Nanotech-launch (27.5.2008).
- 16 ITA (Institut für Technikfolgen-Abschätzung), 2006, *Nanotechnologie-Begleitmaßnahmen: Stand und Implikationen für Österreich*; ITA-Bericht, im Auftrag von: BMVIT, Nr. e17, 22.6., Wien: Österreichische Akademie der Wissenschaften epub.oeaw.ac.at/ita/ita-projektberichte/d2-2e17.pdf (27.5.2008).
- 17 Blind, K., 2007, *NanoNormung – Normung im Bereich der Nanotechnologien*; Hrsg.: HA Hessen Agentur GmbH, Wiesbaden, www.hessen-nanotech.de/mm/NanoNormung_final_Internet.pdf (27.5.2008).

IMPRESSUM:

Medieninhaber: Österreichische Akademie der Wissenschaften; Juristische Person öffentlichen Rechts (BGBl 569/1921 idF BGBl I 130/2003); Dr. Ignaz Seipel-Platz 2, A-1010 Wien

Herausgeber: Institut für Technikfolgen-Abschätzung (ITA); Strohgasse 45/5, A-1030 Wien; www.oeaw.ac.at/ita

Erscheinungsweise: Die NanoTrust-Dossiers erscheinen unregelmäßig und dienen der Veröffentlichung der Forschungsergebnisse des Instituts für Technikfolgen-Abschätzung im Rahmen des Projekts NanoTrust. Die Berichte werden ausschließlich über das Internetportal „epub.oeaw“ der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt: epub.oeaw.ac.at/ita/nanotrust-dossiers/

NanoTrust-Dossier Nr. 001, Mai 2008: epub.oeaw.ac.at/ita/nanotrust-dossiers/dossier001.pdf

ISSN: 1998-7293



Dieses Dossier steht unter der Creative Commons (Namensnennung-NichtKommerziell-KeineBearbeitung 2.0 Österreich) Lizenz: creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.0/at/deed.de

C. Raab, M. Simkó, A. Gzásó,
U. Fiedeler, M. Nentwich

Was sind synthetische Nanopartikel?

Zusammenfassung

Synthetisch hergestellte Nanopartikel spielen im Rahmen der Nanotechnologie eine bedeutende Rolle. Sie bilden die Basis vieler bereits im großen Maßstab eingesetzter Anwendungen und besitzen ein hohes Potenzial für die Entwicklung neuer Materialien. Die Vielfalt der synthetischen Nanopartikel ist sehr groß. Sie unterscheiden sich in ihren Eigenschaften und auch in ihren Anwendungen stark voneinander. Neben ihrer Größe können synthetische Nanopartikel in chemischer Zusammensetzung, Form, Oberflächenbeschaffenheit und Entstehungsart variieren. Ziel dieses Dossiers ist es einen Überblick über die verschiedenen Charakteristika von Nanopartikeln zu geben.

Einleitung

Nanopartikel sind nicht nur ein Produkt moderner Technologie, sondern entstehen auch auf natürliche Weise wie z. B. bei Vulkanausbrüchen oder bei Waldbränden. Zu den natürlich vorkommenden Nanopartikeln zählen auch ultrafeine Sandkörner aus Mineralpartikeln (z. B. Oxide, Carbonate). Neben den gezielt hergestellten Nanopartikeln werden Nanoobjekte auch unbeabsichtigt produziert, wie zum Beispiel beim Verbrennen von Diesel (Ultrafeinstäube), aber auch beim Grillen.

Synthetische Nanopartikel werden auf vielfältige Weise verwendet. Sie werden in Form von Dispersionen in Gasen (z. B. als Aerosol), als ultrafeine Pulver, für Filme, in Flüssigkeiten verteilt (dispergiert, z. B. Ferrofluide) oder fixiert in einem Festkörper (Nanokomposite) eingesetzt. Im vorliegenden Dossier werden nur Nanopartikel diskutiert, die in festem Zustand vorliegen. Liposome, Mizellen und Vesikel, die als lösliche nanoskalige organische Verbindungen auch in die Kategorie der Nanopartikel fallen, werden hier nicht näher behandelt.

Definition

Der Begriff „Nanopartikel“ setzt sich aus den Wörtern „nanos“ (griechisch: der Zwerg) und „particulum“ (lateinisch: Teilchen) zusammen. Im wissenschaftlichen Kontext bezeichnet „nano“ zunächst nur eine Größenordnung, nämlich 10^{-9} . Diese kann sich auf ein Volumen, eine Gewichtangabe oder auf eine Zeiteinheit beziehen, wonach beispielsweise ein Nanometer ($\text{nm} = 10^{-9}$ Meter) einem millionstel Millimeter entspricht. Zur besseren Vorstellung sei folgender bildlicher Vergleich genannt: Ein Nanometer verhält sich zu einem Meter wie der Durchmesser einer Haselnuss zum Durchmesser der Erde.

Im Rahmen der Nanotechnologie wird der Begriff „nano“ fast ausschließlich in Bezug auf die Länge verwendet. Dies bedeutet, dass als Nanopartikel Objekte bezeichnet werden, die in zwei Dimensionen eine Ausdehnung von einem bis einigen 100 nm besitzen. Damit fallen jedoch auch fadenförmige Objekte wie Nanoröhren unter den Begriff „Nanopartikel“. In diesem Dossier wird daher die Definition der EU-Kommission SCENIHR verwendet¹, nach welcher nur solche Objekte als Partikel gelten, deren Ausdehnung in allen drei Dimensionen zwischen 1 und 100 nm liegen. Objekte, deren Ausdehnung nur in zwei Di-

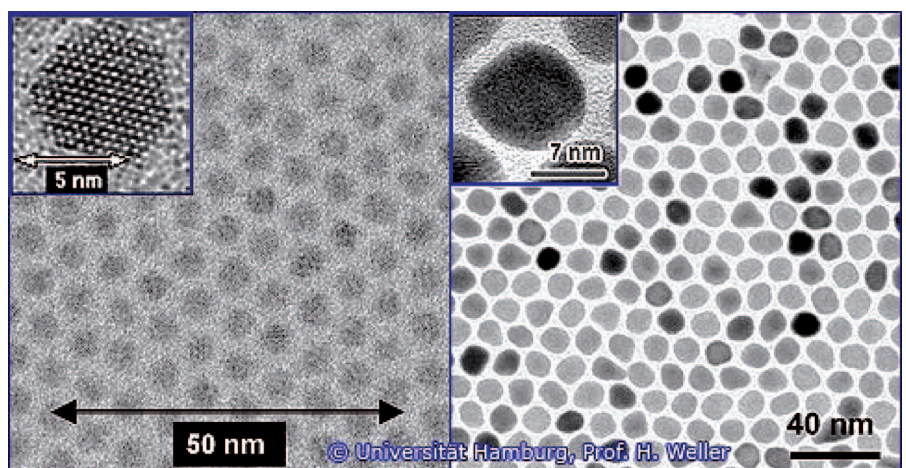


Abbildung 1: Elektronenmikroskopische Aufnahme von verschiedenen Nanopartikeln²

mensionen im nm-Bereich liegen, werden als Nanoröhren und partikuläre Objekte bezeichnet; Objekte mit nur einer Dimension unter 100 nm werden Nanoplättchen (Nanopellets) genannt.

Eigenschaften von Nanopartikeln

Eine entscheidende Eigenschaft, die Partikel technisch interessant machen, ist in ihrem großen Verhältnis von Oberfläche zu Volumen begründet. Dieses Verhältnis nimmt mit abnehmendem Partikeldurchmesser zu. Ein Nanopartikel setzt sich aus wenigen bis mehreren tausend Atomen zusammen. Das bedeutet, dass sich ein bedeutender Anteil der Atome an der Oberfläche der Partikel befindet. Bei einem Partikeldurchmesser von 10 nm sind 20 % der ca. 30.000 Atome³ des gesamten Partikels an dessen Oberfläche; bei einem Partikel mit 5 nm Durchmesser sind es bereits 40 % der ca. 4.000 Atome und bei einem Partikel von 1 nm Durchmesser sind nahezu alle der ca. 30 Atome an der Oberfläche zu finden. Die Atome an der Oberfläche haben gegenüber den Atomen aus dem Inneren des Materials eine geringere Zahl nächster Nachbarn und verfügen daher über so genannte ungesättigte Bindungen. Diese sind wiederum Ursache für die erhöhte Reaktivität der Partikeloberfläche.

Die erhöhte Reaktivität ist Grundlage einer Reihe von Anwendungen. So wird davon ausgegangen, dass mithilfe der exakten Kontrolle der Partikeldurchmesser neue Katalysatoren mit hoher Selektivität entwickelt werden können. Ein Katalysator beschleunigt nur die chemischen Prozesse, die aus den Ausgangsstoffen das Zielprodukt erzeugen. Weiters führt diese hohe Reaktivität auch zu einer Herabsetzung des Schmelzpunktes, so dass die Temperatur des „Brennens“ z. B. von Keramiken durch die Verwendung von nanopartikulären Ausgangsmaterialien verringert wird. Wichtiger noch ist in diesem Zusammenhang die Tatsache, dass die Verbundmaterialien (aus verschiedenen Materialien zusammengesetzte Festkörper) während des Aushärtens weniger schrumpfen, was z. B. für die Zahnprothetik von besonderem Interesse ist.

Wenngleich die Oberfläche eines einzelnen Partikels natürlich mit der Verringerung seines Durchmessers abnimmt, so nimmt die spezifische Oberfläche des Pulvers mit Abnahme der Größe ihrer Partikel zu – vorausgesetzt, dass immer die gleiche Gewichts-

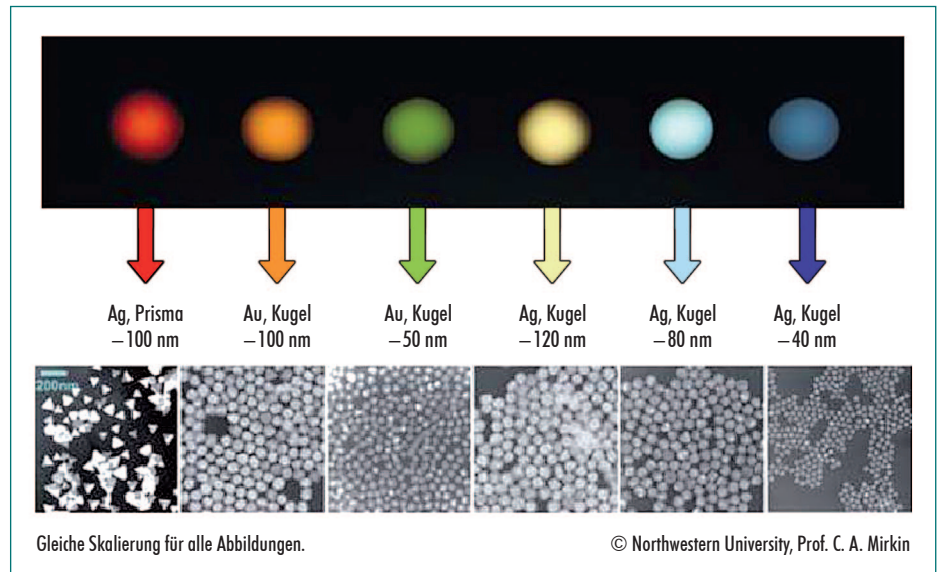


Abbildung 2: Rayleigh Streuungsbilder und elektronenmikroskopische Aufnahmen für Nanokristalle unterschiedlicher Gestalt (kugelförmig, prismaförmig), Größe (40–120 nm) und Zusammensetzung (Gold-Au, Silber-Ag). Die Rayleigh Streuung bezeichnet die Streuung elektromagnetischer Wellen an kugelförmigen Teilchen, die eine im Vergleich zur Wellenlänge der gestreuten Wellen kleinen Durchmesser besitzen.⁴

menge betrachtet wird. Dies ist der Grund, warum nanostrukturierte Materialien interessant für Filtration und Katalyse sind. Nanoporöse Materialien weisen eine große spezifische Oberfläche auf, an der sich die herauszufilternden Substanzen anlagern können. Zudem besitzen sie eine hohe Reaktivität, welche die Adsorption bzw. ihre katalytische Wirkung erhöht.

Neben der Reaktivität können auch optische Eigenschaften der Nanopartikel wie Transparenz, Absorption, Lumineszenz und Streuung durch die Variation der Partikelgröße modifiziert werden. Wenngleich Nanoteilchen mit einigen wenigen Nanometer Durchmesser bedeutend unter dem Wellenlängenbereich des sichtbaren Lichts (380 bis 780 nm) liegen, können sie Licht spezifischer Wellenlänge absorbieren (Abbildung 1). Diese Effekte sind nur quantenmechanisch zu verstehen. Bei Quantum Dots, die aus so genannten Halbleitermaterialien bestehen, lässt sich beispielsweise die Wellenlänge der Fluoreszenz über die Größe der Partikel einstellen. Die optischen Eigenschaften machen Nanopartikel besonders interessant für den Einsatz in der Optoelektronik, der Kosmetik und der medizinischen Diagnostik.

Für das magnetische Verhalten von Nanopartikeln ist von Bedeutung, dass Partikel mit einem Durchmesser im Nanometerbereich in eine Richtung magnetisierte Permanentmagneten sind. Daher bieten Nanopartikel die Möglichkeit die Speicherkapazität magnetischer Datenspeicher zu erhöhen, die durch die Anzahl an magnetisierbaren Teilchen be-

stimmt wird. Zudem sind die magnetischen Eigenschaften von Nanopartikeln relativ unempfindlich gegenüber Temperaturschwankungen.

Erscheinungsformen von Nanopartikeln

Nanopartikel können unterschiedlicher chemischer Zusammensetzung sein. Sie können aus Metallen, Halbleitermaterialien, Verbindungen wie Metalloxiden (anorganischen Nanopartikeln) oder aus Kohlenstoff bzw. kohlenstoffhaltigen Verbindungen wie Polymeren (organischen Nanopartikeln) bestehen.

In Forschung und Anwendung werden synthetische Nanopartikel entsprechend ihrer chemischen und physikalischen Eigenschaften häufig in folgende Gruppen unterteilt: kohlenstoffhaltig, Metalloxide, Halbleiter oder Metalle (Tabelle 1).

Auf Kohlenstoff basierende Nanopartikel können in Form von sphärischen Nanopartikeln (Fullerene) oder zylindrischen Nanoröhren (Nanotubes) hergestellt werden. Unter Carbon Black versteht man Industrieruß, der unter kontrollierten Bedingungen gezielt synthetisiert (erzeugt) wird und physikalisch und chemisch genau definiert ist. Im Gegensatz dazu stehen Kamin- und Dieselruß, die als nicht genau definierte Nebenprodukte bei der Verbrennung von Kohle bzw. Kohlen-

wasserstoffe anfallen. Der Grad der organischen und anorganischen Verunreinigungen ist daher bei dieser Art von Rußen sehr hoch, wogegen bei Carbon Black der Kohlenstoffgehalt meist mehr als 96 % beträgt.

Nanoskalige Metalloxide, wie Titandioxid (TiO₂) und Zinkoxid (ZnO), kommen in Konsumgütern (z. B. Kosmetika), Farben und Lacken bereits in größerem Maßstab zum Einsatz. Zirkon-(ZrO₂)- und Aluminiumoxid-(Al₂O₃)-Nanopulver werden als Bestandteile von technischer Keramik verwendet, um die Härte sowie die Bruchfestigkeit zu verbessern. Metallische Nanopartikel werden in erste Linie in der Katalyse eingesetzt, während halbleitende Nanokristalle aufgrund ihrer optischen Eigenschaften in der Labor Diagnostik und medizinischer Diagnostik herangezogen werden.

Nanopartikel können als Einzelpartikel, Aggregate oder Agglomerate vorliegen. Aggregate sind lockere, reversible Partikelanlagerungen, die sich durch eine starke anziehende Wechselwirkung der einzelnen Partikel untereinander bilden. Solche Aggregate können in Lösungen zu einzelnen Nanopartikeln aufgelöst werden. Agglomerate hingegen sind irreversible Anhäufungen von Partikelteilchen, sie können nicht in einzelne Teilchen dispergiert (verteilt) werden. Über bestimmte Herstellungsmethoden und Modifikationen der Partikeloberflächen kann die Bildung von Aggregaten eingedämmt werden, was zumeist für die Verarbeitung der Partikel wünschenswert ist. Größere Verbunde von Nanopartikeln haben häufig andere Eigenschaften als einzeln vorliegende Partikel.

Je nach Zusammensetzung und Anwendung werden Nanopartikel unbehandelt oder mit modifizierter Oberfläche eingesetzt. Unbehandelte Nanopartikel lagern sich häufig aneinander und bilden Aggregate oder Agglomerate (z. B. Carbon Black). Deshalb kann ihre Gestalt sehr uneinheitlich sein und verschiedenste Formen annehmen, was erheblichen Einfluss auf ihre Eigenschaften nimmt. Je nach Herstellungsmethode und Herstellungsbedingungen weisen nanopartikuläre Materialien unterschiedliche Formen und Strukturen auf: Sphären, Nadeln bzw. Röhren, Plättchen und Fasern. Getrennt vorliegende, einzelne Nanopartikel können durch gezielte Oberflächenmodifikationen hergestellt werden. Dies kann z. B. durch eine chemische Behandlung als Abstandhalter (Ligand) zwischen den Partikeln erfolgen, die der Zusammenlagerung der Partikel vorbeugt.

Unbehandelte metallische Nanopartikel sind chemisch meist hochreaktiv und oxidieren an der Luft leicht. Für viele Anwendungen sind

Tabelle 1: Typen von künstlich hergestellten Nanopartikeln auf Basis von Kohlenstoff und Metallen und deren Modifikationen

| Kohlenstoffhaltig | Metalloxide | Halbleiter | Metalle |
|-------------------|---|------------------------------------|---------------------------|
| Fullerene | Siliziumdioxid (SiO ₂) | Cadmium-Tellurit (CdTe) | Gold (Au) |
| Nanoröhren | Titandioxid (TiO ₂) | Silizium (Si) | Silber (Ag) |
| Carbon black | Aluminiumoxid (Al ₂ O ₃) Eisenoxid (Fe ₂ O ₃) bzw. (Fe ₃ O ₄), Zinkoxid (ZnO) | Indiumphosphid (InP bzw. InGaP) | Eisen (Fe) Cobalt (Co) |

daher geeignete Schutzstrategien notwendig, um die unbehandelten Nanopartikel während oder nach der Synthese gegen eine Zersetzung zu schützen. Diese Methoden zur Stabilisierung bestehen im Beschichten der Nanopartikel mit zumeist organischen Verbindungen, wie z. B. mit Tensiden, Kohlenstoff und Polymeren. Die Stabilisierung wird aber auch mittels einer anorganischer Schale aus Silicat realisiert. In vielen Fällen stabilisieren diese Schutzschalen die Nanopartikel nicht nur, sondern lassen sich je nach Anwendungsgebiet auch zur weiteren Funktionalisierung, z. B. mit anderen Nanopartikeln oder mit Liganden nutzen. Über die Oberflächenchemie der Nanopartikel kann deren Stabilisierung, Dispergierung (Verteilung) und Funktionalisierung bestimmt werden.

Nanopartikel werden neben der losen Form auch in Nanokompositen eingesetzt. Unter Nanokompositen versteht man Verbundmaterialien, in denen mindestens eine Komponente in Form von Nanopartikeln, Nanoplättchen oder Nanoröhren vorliegt. Die zweite Komponente, die Matrix, besteht häufig aus Polymeren. Gerade in Kompositen lassen sich die einzigartigen Eigenschaften der Nanopartikel mit denjenigen der Verbundmatrix kombinieren.

Vorkommen und Einsatz von Nanopartikeln

Die Anwendungsgebiete für Nanopartikel sind sehr vielfältig. Insbesondere für die Werkstoffentwicklung spielen Nanopartikel eine große Rolle. Die Grundlage der hohen Erwartungen an Materialien, die unter Zuhilfenahme von Nanopartikeln entwickelt werden, ist die Hoffnung, die verschiedenen Materialeigenschaften, wie Leitfähigkeit, Gewicht, Stabilität, Flexibilität, Temperaturbeständigkeit etc. unabhängig voneinander einstellen zu können.

Eine Vielzahl von nanotechnologischen Produkten befindet sich bereits seit einiger Zeit auf dem Markt. Im chemischen Bereich zählt dazu Carbon Black etwa in Druckerschwärze; im Automobilbereich sind es kratzfeste Lacke, Reifenfüllstoffe und Antireflexschichten. Im Life-Science-Bereich werden Nanopartikel für Biochips, aber auch als so genannte Marker eingesetzt. Nanopartikel werden auch in Sonnenschutzmitteln und in Kosmetika eingesetzt. In der medizinischen Diagnostik werden Nanopartikel vermehrt als Kontrastmittel eingesetzt, sie finden aber auch Anwendung in der Krebstherapie.

Seit kurzem sind Nanopartikel-Anwendungen in Lacken, Polymer-Nanoverbundstoffe und Nanopigmente auf dem Markt vertreten.

Konzepte und Prototypen existieren für die regenerative Medizin (z. B. zur Gewebzüchtung), hocheffiziente Wasserstoffspeicher, selbstheilende Werkstoffe und durch Sensorik schaltbare Lacke. Außerdem werden neuartige Produkte zur Behandlung von Krankheiten, wie die gezielte Wirkstoffabgabe von Medikamenten angedacht.

Anmerkungen und Literaturhinweise

- SCENIHR (Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks), 2008. The existing and proposed definitions relating to products of nanotechnologies, Brussels: European Commission.
- www.chemie.uni-hamburg.de/pc/weller.
- Nanopartikel-Materialien der Zukunft, Albert Rössler, Georgios Skillas, Sotiris E. Pratsinis; Chemie in unserer Zeit, 2001, 1, 32-41.
- chemgroups.northwestern.edu/mirkingroup.

IMPRESSUM:

Medieninhaber: Österreichische Akademie der Wissenschaften; Juristische Person öffentlichen Rechts (BGBl 569/1921 idF BGBl I 130/2003); Dr. Ignaz Seipel-Platz 2, A-1010 Wien

Herausgeber: Institut für Technikfolgen-Abschätzung (ITA); Strohgasse 45/5, A-1030 Wien;
www.oeaw.ac.at/ita

Erscheinungsweise: Die NanoTrust-Dossiers erscheinen unregelmäßig und dienen der Veröffentlichung der Forschungsergebnisse des Instituts für Technikfolgen-Abschätzung im Rahmen des Projekts NanoTrust. Die Berichte werden ausschließlich über das Internetportal „epub.oeaw“ der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt: epub.oeaw.ac.at/ita/nanotrust-dossiers/

NanoTrust-Dossier Nr. 002, Mai 2008: epub.oeaw.ac.at/ita/nanotrust-dossiers/dossier002.pdf

ISSN: 1998-7293



Dieses Dossier steht unter der Creative Commons
(Namensnennung-NichtKommerziell-KeineBearbeitung 2.0 Österreich)
Lizenz: creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.0/at/deed.de

M. Simkó, M. Nentwich,
A. Gazsó, U. Fiedeler

Wie kommen Nanopartikel in den menschlichen Körper und was verursachen sie dort?

Zusammenfassung

Durch die vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten von Nanomaterialien kommen die Menschen auf unterschiedliche Weise mit ihnen in Kontakt. Daher ist es wichtig zu analysieren, inwiefern Nanopartikel in den menschlichen Körper eindringen und welche gesundheitlichen Auswirkungen sie dort verursachen können. Derzeit verdichten sich die Hinweise darauf, dass die toxische Wirkung von Nanopartikeln umso größer ist, desto kleiner sie sind. Neben der Größe sind auch die Form und die chemische Beschaffenheit der Nanomaterialien für ihre biologische Wirkung von Bedeutung. Es ist bekannt, dass Nanopartikel Entzündungsreaktionen in der Lunge verursachen können und vereinzelt wurde auch über Lungenfibrosen berichtet. Es gibt Hinweise darauf, dass Nanopartikel in Gefäßwände eindringen und somit bestimmte Dysfunktionen hervorrufen bzw. das Herz-Kreislaufsystem beeinflussen können. Eine neue Studie zeigt sogar, dass nadelförmige, asbestfaserähnliche Nanoröhrchen im Tiermodell chronische Entzündungen auslösen können. Nur wenige Daten gibt es über die Wirkungen im Verdauungstrakt und im Nervensystem sowie über die Aufnahme von Nanopartikeln über die Haut ins Blut. Daher werden hier die möglichen Aufnahmewege von Nanopartikeln in den menschlichen Körper vorgestellt und die wichtigsten Daten diskutiert.

Einleitung

Die Nanotechnologie und die mit ihr verbundenen Nanomaterialien werden im Bereich der Forschung aber auch schon in vielen auf dem Markt erhältlichen Gebrauchsgütern eingesetzt. Das heißt, dass die allgemeine Bevölkerung bereits mit Nanomaterialien in Kontakt kommt. Es stellt sich daher die Frage, ob die verwendeten Nanomaterialien in den menschlichen Körper eindringen und ob sie dort gesundheitliche Schäden auslösen können. Die möglichen gesundheitlichen Risiken von Nanopartikeln sind erst wenig erforscht. In verschiedenen Untersuchungen wurde gezeigt, dass ungebundene Nanopartikel aufgrund ihrer geringen Größe mit der Atemluft bis in die feinsten Strukturen der Lunge vordringen, dort Entzündungsreaktionen verursachen und weiter ins Blut gelangen können. Über den Blutkreislauf können sich Nanopartikel im Körper verteilen und in andere Organe eindringen. Es wurde weiterhin gezeigt, dass bestimmte Nanopartikel von Zellen aktiv oder passiv aufgenommen werden, wobei eine schädigende Wirkung nicht ausgeschlossen werden kann. Dabei ist ihre biologische Wirkung nicht nur von der chemischen Zusammensetzung, sondern auch von Größe, Form, Oberflächenbeschaffenheit, Aggregationszustand und Oberflächenladung des Nanopartikels abhängig. Das vorliegende Dossier beschäftigt sich mit den möglichen Eintrittspforten von Nanopartikeln in den menschlichen Körper und beschreibt einige biologische Effekte, die Nanopartikel im Körper hervorrufen.

Eintrittspforten in den menschlichen Körper

Nanomaterialien können direkt über die Körperöffnungen in den Körper aufgenommen werden, so z. B. durch Einatmen oder durch Verschlucken. Darüber hinaus wird auch diskutiert, dass sie indirekt durch die Hautporen aufgenommen werden können. Die menschliche Haut, der Magen-Darm-Trakt und die Lungen sind immer in direktem Kontakt mit der Umwelt. Während die Haut als eine Barriere dient, erlauben der Magen-Darm-Trakt und die Lunge auch den Transport (passiv und/oder aktiv) der verschiedenen Substanzen wie Wasser, Nährstoffe oder Sauerstoff. Es erscheint wahrscheinlich, dass die Aufnahme der Nanomaterialien in den menschlichen Körper über diese Wege erfolgt. Aufgrund ihrer geringen Größe sind Nanopartikel in der Lage, die Zellmembran zu durchdringen und so auf subzellulärer Ebene zu agieren. Wie dies passiert, wird gegenwärtig erforscht.

Die Haut

Die menschliche Haut ist eine echte Barriere zur Umwelt (ausgenommen die Sonnenstrahlung, die für die Vitamin-D-Produktion notwendig ist), über die keine essentiellen Elemente aufgenommen werden.

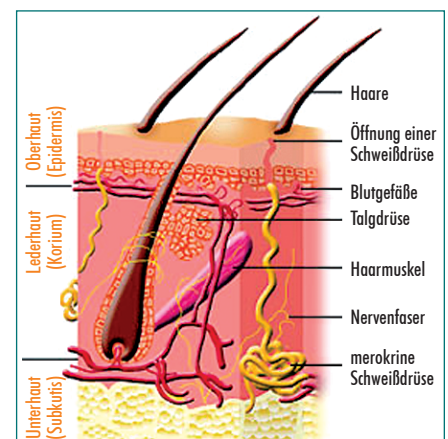


Abbildung 1:
Aufbau der menschlichen Haut¹

Die Fläche der menschlichen Haut beträgt im Durchschnitt 1,5–2 m², wobei die erste Schicht der Haut aus einer relativ dicken Schicht toter Zellen (so genannte keratinisierte Zellschicht, 10 µm) besteht (Abb. 1)¹.

Nanopartikel aus Titan- oder Zinkoxiden werden bereits in großem Umfang in unterschiedlichen kosmetischen Pflegeprodukten, wie etwa in Sonnencremes, als sehr effektiver UV-Absorber eingesetzt. Die Frage stellt sich, ob diese Produkte bzw. die Nanomaterialien die oberen Hautschichten überwinden und sie so in das tiefer gelegene Gewebe gelangen können. Bisher wurde dies nicht eindeutig nachgewiesen. Es gibt jedoch Hinweise, dass sich Teilchen zumindest in den Hauttaschen von Haarwurzeln, den so genannten Haarfollikeln, anreichern können². Da während des Haarwachstums die Haarfollikel geöffnet sind, könnten die Nanopartikel in die tiefere Schichten eindringen. Untersuchungen haben gezeigt, dass die Bestandteile einmassierter partikelfreier Lotion nach sieben Tagen wieder vollständig aus dem Haarfollikel entfernt war, während sich die Zahl der Teilchen aus der partikelhaltigen Lotion nur halbiert hatte^{3,4}. Eine Aufnahme ins Blut (Translokation) über die gesunde Haut wurde bislang nicht nachgewiesen.

Im Gegensatz dazu wurde in Untersuchungen mit gesunder Haut festgestellt, dass verschiedene so genannte Quantum Dots in die Haut eindringen können⁵. (Quantum Dots werden aus Halbleitermaterial hergestellt und haben die Eigenschaft, Licht bestimmter Wellenlänge zu absorbieren. Sie finden Verwendung als Biomarker in den Biowissenschaften oder in LEDs und Displays).

Ob eine Partikelaufnahme durch die verletzte oder durch die erkrankte Haut (Schuppenflechte etc.) anders verläuft, ist Gegenstand der laufenden Untersuchungen. Man ist sich jedoch sicher, dass die Barrierefunktion nicht mehr gewährleistet ist und so das Eindringen von Nanopartikel möglich ist⁶.

Der Verdauungstrakt

Der gesamte Magen-Darm-Trakt ist im engen Kontakt mit allen oral aufgenommenen Materialien. Hier werden alle nötigen Nährstoffe für den Körper (ausgenommen Gase) aufgenommen. Die gesamte Fläche des Magen-Darm-Traktes ist eine komplexe Barriere – doch es ist die wichtigste Pforte für Makromoleküle, die in den Körper gelangen müssen. Vom Magen können nur kleine Moleküle durch das Epithel diffundieren. Das Epithel des Darmes ist in engem Kontakt mit dem bereits vorverdauten Material. So kön-

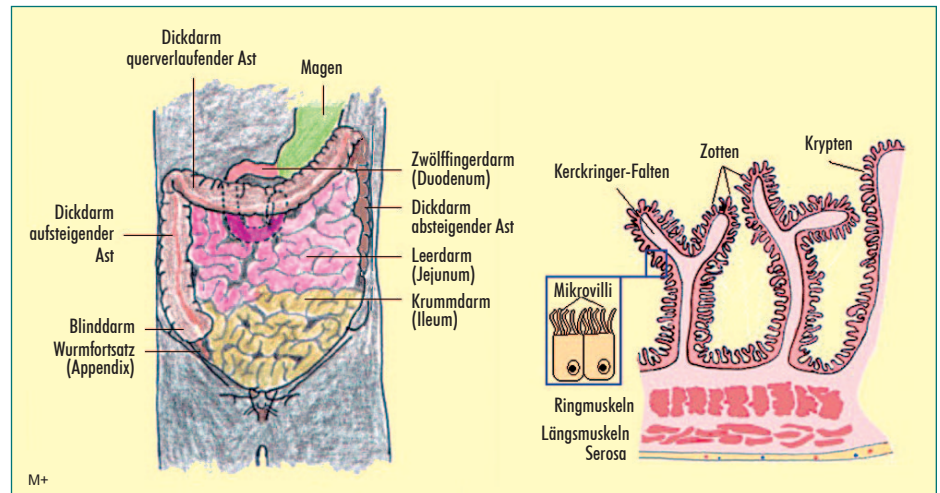


Abbildung 2: Aufbau des menschlichen Magen-Darm-Traktes (links Gesamtübersicht, rechts vergrößerte Ansicht der Darmschleimhaut und der Mikrovilli)⁷

nen Nährstoffe direkt aufgenommen werden. Die Nahrung im Dünndarm ist bereits verdaut und besteht aus einer Mischung von Molekülen wie Disacchariden, Peptiden, Fettsäuren und Monoglyceriden. Diese werden in den Darmzotten umgewandelt und dann resorbiert (Abb. 2)⁷. Um die Oberfläche des Epithels zu vergrößern sind die Darmzotten selbst mit kleineren Zotten (Microvilli) bedeckt. So entsteht eine Fläche von ca. 200 m² für die Aufnahme von Nährstoffen im Magen-Darm-Trakt.

Nanoskalige Strukturen können durch Nahrungsmittel, aber auch nach dem Einatmen über den mukoziliären Rücktransport aus den Bronchien unbewusst verschluckt werden und so in den Magen-Darm-Trakt gelangen. Es wird geschätzt, dass eine Person täglich durchschnittlich 10¹² bis 10¹⁴ Nano- und Mikropartikel oral aufnimmt⁸, wobei es sich größtenteils um Silikate und Titandioxid handelt. So passieren 50 bis 100 nm große Polystyrolpartikel im Tierversuch die Darmwand und gelangen ins Lymphsystem⁹, wogegen Fullerene eher nicht aufgenommen werden. Andere Studien zeigen hingegen keine Aufnahme in das Blutgefäßsystem über dem Magen-Darm-Trakt^{10,11}. Offensichtlich besteht kein Konsens darüber, wie sich Nanopartikel im Magen-Darm-Trakt verhalten. Eine Studie untersuchte die Aufnahme von radioaktiv markierten, intravenös verabreichten Fullerenen im Vergleich zur Aufnahme durch den Magen-Darm-Trakt von Ratten. Das oral aufgenommene Material wurde zu 98 % ausgeschieden, während das intravenös verabreichte Material nach einer Woche zu ca. 80 % in der Leber deponiert war¹². Dies könnte ein Hinweis darauf geben, dass die Aufnahme von Nanopartikeln über den Darm eher von geringer Bedeutung ist. Nur wenige Studien haben sich bisher mit

der Aufnahme und dem Verbleib von Nanopartikeln im Magen-Darm-Trakt beschäftigt, daher kann noch keine abschließende Bewertung erfolgen.

Die Lunge

Die Lunge besteht aus zwei unterschiedlichen Funktionsbereichen, nämlich aus den Atemwegen, wo die Luft in die oder aus der Lunge transportiert wird, und dem Gasaustauschbereich (Bronchien, Bronchiolen, Alveolen), wo Sauerstoff und Kohlendioxid mit der Umwelt ausgetauscht wird. Die menschliche Lunge besteht etwa aus 2.300 Kilometern Atemwegen und ca. 300 Millionen Lungenbläschen (Alveolen) (Abb. 3)¹³. Die Fläche der menschlichen Lunge beträgt etwa 140 m² und bietet somit eine gewaltige Expositionsfläche. Die Atemwege fungieren wie eine verhältnismäßig robuste Barriere aus einer aktiven Epithelschicht, welche durch eine zähflüssige Schleimschicht (Mucus) geschützt wird (Luft-Blut-Gewebeschranke). Im Gasaustauschbereich ist die Barriere zwischen der alveolaren Wand und den Kapillaren sehr dünn. Die Luft im Inneren (Lumen) der Lungenbläschen ist nur einige Nanometer entfernt vom fließenden Blut. In Tierversuchen wurde gezeigt, dass Nanopartikel in der Lage sind, diese Luft-Blut-Gewebeschranke zu überwinden. Somit können Nanomaterialien in den Blutkreislauf des Körpers transportiert werden¹⁴. Durch die große Oberfläche der Alveolen und den intensiven Luft-Blut-Kontakt sind die Alveolen Umwelteinflüssen gegenüber mehr ausgesetzt als die Atemwege. Die Bronchien sind mit einer Flimmerzellschicht (mukoziliären Schicht) ausgekleidet, um abgelagerte Partikel aus der Lunge zu entfernen (mukoziliäre Clearance). Mit Hilfe der mukoziliä-

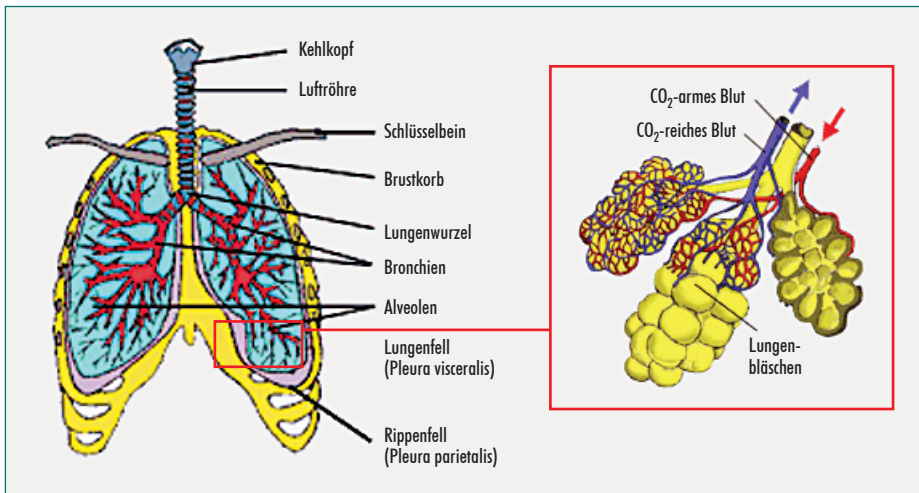


Abbildung 3: Aufbau der menschlichen Lunge (links Gesamtübersicht, rechts vergrößerte Ansicht der Lungenbläschen)¹³

ren Clearance werden die meisten entlang der Bronchien abgelagerten Nanopartikel beseitigt. Dieser Mechanismus ist umso ineffektiver, je kleiner die Partikel sind. Das bedeutet, dass Nanopartikel in die Lungenbläschen eindringen, sich auf das Epithel absetzen und danach eine direkte Wechselwirkung mit den Lungenbläschenepithelien stattfinden kann. Da in den Alveolen kein mukoziliärer Clearancemechanismus vorhanden ist, übernehmen so genannte Fresszellen (Makrophagen) die Fremdkörperentfernung.

Auch hier spielt die geringe Größe der Partikel eine Schlüsselrolle. Dass die üblichen Reinigungsmechanismen versagen können, belegt unter anderem die Beobachtung, dass unlösliche Nanopartikel in Tierversuchen über Monate bis Jahre in Bronchien und Alveolen deponiert werden¹⁵. Höhere Ablagerungsraten sind bei Patienten mit chronischer Bronchitis und Asthma bronchiale beobachtet worden, wobei die verminderte Clearance und die erhöhte Atemfrequenz bei diesen Patienten als Ursache diskutiert wird^{15,16}.

Wie lange die aufgenommenen Nanopartikel im Körper verweilen (Kinetik) ist heute noch unklar. Manche Untersuchungen deuten darauf hin, dass u. a. nach dem Einatmen der Nanopartikel diese in die Organe übertreten können. Es wurde gezeigt, dass eingeatmete Nanopartikel nach 7 Tagen in der Leber, Milz, Gehirn, Nieren, Herz und Knochenmark wiederzufinden sind^{12,17}. Eine Verstoffwechslung (Metabolisierung) aufgenommenen anorganischer Nanopartikel (z. B. Titandioxid) erscheint eher unwahrscheinlich, während organische Nanomaterialien (z. B. Fullerene) eher durch metabolische Prozesse verändert werden können.

Ob die Partikel in den Lymph-/Blutkreislauf übertreten und sich im Körper verteilen und eventuell anreichern und ob sie das Herz-Kreislauf-System beeinflussen, ist Gegenstand laufender Untersuchungen.

Ebenso wird erforscht, ob während des Atmens aufgenommene z. B. über den Riechnerv ins Gehirn gelangte Partikel im Gehirn verbleiben und sich eventuell dort anreichern können^{18,19}. Es wurde nachgewiesen, dass Nanopartikel über diesen Weg auch zu den höheren Gehirnzentren vordringen können (Cortex, Thalamus und Kleinhirn), wobei das Elektroenzephalogramm ein verändertes Muster zeigte.

Auswirkungen im menschlichen Körper

Tierversuche belegen, dass Entzündungsreaktionen in den Bronchien und Alveolen durch Kohlenstoff-, Polystyrol-, Eisen-, Titandioxid- und Iridiumpartikel in Nanometergröße ausgelöst werden können^{17,20}. In Einzelfällen wurden Entzündungsreaktionen bei beruflich exponierten Personen mit nanoskalierten Indium-Zink-Oxiden²¹ und Zirkonium Partikeln aus Schweißrauch beschrieben²².

Es gibt einige Daten über die Wirkungen von Nanopartikel, wobei ein enger Zusammenhang zwischen Oberflächenbeschaffenheit und biologischer Wirkung besteht. So wurde z. B. gezeigt, dass direkt in die Lunge verabreichtes Titandioxid (bzw. Nickel- und Vanadiumdioxidpartikel) mit einer Größe von 20 nm bei Ratten und Mäusen mehr Entzündungsreaktionen verursacht als 250 nm gro-

ße Partikel. Diese und andere Befunde zeigen, dass die Oberfläche wichtiger für die Toxizität ist als die Masse¹². Weiterhin sind neben der Größe der Oberfläche auch die Oberflächeneigenschaften (z. B. Existenz reaktiver Gruppen an der Oberfläche) ausschlaggebend für die Toxizität. Eine neue Pilotstudie zeigt an einem speziellen Mausmodell, dass intraperitoneal (d. h. über den vom Bauchfell überzogenen Bereich im Körper) verabreichte, lange (ca. 20 µm), nadelartige Nanoröhrchen chronische Entzündung hervorrufen, während kurze und/oder gekrümmte Nanoröhrchen keine solche Effekte induzieren. Da diese aufgrund ihrer Beschaffenheit (Form, Länge und unlöslich) ähnlich wie Asbestfasern sind, wurde ein vergleichbarer Wirkmechanismus diskutiert²³.

Von erheblichem Interesse ist die Frage nach einer möglichen krebserzeugenden Wirkung durch eingeatmeten Nanopartikeln. Es wurde gezeigt, dass die Verabreichung hoher Dosen granulärer und biobeständiger Nanostäube (inertes Bulk-Material) an Ratten, mit einer erhöhten Tumorfrequenz verbunden war²⁴. Es ist jedoch nicht klar, ob es sich dabei um einen direkten gentoxischen Effekt der Nanopartikel handelt oder ob es sich um sekundäre Folgen handelt, wie die Freisetzung freier Radikale, was bei chronischen Entzündungen der Fall ist. Wie sich geringe Mengen Nanopartikel beim Menschen verhalten und ob sie Krebs induzieren können, kann noch nicht beantwortet werden. Unklarheit herrscht auch darüber, was mit den aufgenommenen Partikeln passiert. Manche Partikel werden von Epithelzellen aufgenommen (internalisiert), wie es u. a. für nanoskaliertes Titandioxid, Gold, Polystyrol und Zirkonium beschrieben wurde^{22,25,26}. Das zugrundeliegende Erklärungsmodell ist, dass die freigesetzten freien Radikale möglicherweise den so genannten oxidativen Stress auslösen und die Zellen irreparabel schädigen (Zytotoxizität). Andere Autoren diskutieren die mögliche Anlagerung der Nanopartikel direkt an die DNA, was zu einer gentoxischen Wirkung führen kann²⁰. Aufgenommene Nanopartikel können aus der Lunge ins Blut übertreten (translozieren)^{10,14,27,28}, wobei diese Ergebnisse kontrovers diskutiert werden. Fest steht, dass die Oberflächenbeschaffenheit wie Ladungsverhalten oder Beschichtung der Partikel neben der Größe die biologische Effektivität beeinflussen können^{12,15}.

Fazit

Die in die Umwelt gelangten Nanopartikel, wie z. B. Partikel aus Kohlenstoff oder Metalloxide mit einem Durchmesser bis zu 100 Nanometer, können biologische Wirkungen auslösen, da sie in Zellen eindringen und deutlich reaktionsfreudiger als größere Partikel sind. Gleichzeitig verbessern sie Kosmetika, ermöglichen neuartige Beschichtungen (z. B. kratzfeste Autolacke) und gelten als Kandidaten für neuartige und viel versprechende medizinische Verfahren und Therapien. Um das mit der sich ausweitenden Verbreitung von Nanopartikeln einhergehende Risiko effektiv abschätzen zu können, bedarf es unbedingt weiterer Forschung. Besonders wichtig erscheint dabei die Untersuchung der tatsächlichen Exposition verschiedener Personengruppen, wie z. B. KonsumentInnen, beruflich exponierten Personen und PatientInnen sowohl bei der Herstellung als auch bei der Anwendung der Nanopartikel. Außerdem sind die Wirkmechanismen der aufgenommenen Materialien zu erforschen, um ihre Wirkung besser abschätzen zu können.

Anmerkungen und Literaturhinweise

1 www.qualimed.de/Haut.html.
 2 Lademann, J., Weigmann, H., Rickmeyer, C., Barthelmes, H., Schaefer, H., Mueller, G. und Sterry, W., 1999, *Penetration of titanium dioxide microparticles in a sunscreen formulation into the horny layer and the follicular orifice*, Skin Pharmacol Appl Skin Physiol 12(5), 247-56.
 3 Lademann, J., Richter, H., Schaefer, U. F., Blume-Peytavi, U., Teichmann, A., Otberg, N. und Sterry, W., 2006, *Hair follicles – a long-term reservoir for drug delivery*, Skin Pharmacol Physiol 19(4), 232-6.
 4 Lademann, J., Schaefer, H., Otberg, N., Teichmann, A., Blume-Peytavi, U. und Sterry, W., 2004, *Penetration of microparticles into human skin*, Hautarzt 55 (12), 1117-9.
 5 Ryman-Rasmussen, J. P., Riviere, J. E. und Monteiro-Riviere, N. A., 2006, *Penetration of intact skin by quantum dots with diverse physicochemical properties*, Toxicol Sci 91(1), 159-65.
 6 Rouse, J. G., Yang, J., Ryman-Rasmussen, J. P., Barron, A. R. und Monteiro-Riviere, N. A., 2007, *Effects of mechanical flexion on the penetration of fullerene amino acid-derivatized peptide nanoparticles through skin*, Nano Lett 7(1), 155-60.
 7 www.vitanet.de/media/img/106026727254267493/lungenkrebs_lungenaufbau.gif.
 8 Lomer, M. C., Thompson, R. P. und Powell, J. J., 2002, *Fine and ultrafine particles of the diet: influence on the mucosal immune response and association with Crohn's disease*, Proc Nutr Soc 61(1), 123-30.
 9 Volkheimer, G., 1974, *Passage of particles through the wall of the gastrointestinal tract*, Environ Health Perspect 9, 215-25.
 10 Kreyling, W. G., Semmler, M., Erbe, F., Mayer, P., Takenaka, S., Schulz, H., Oberdorster, G. und Ziesenis, A., 2002, *Translocation of ultrafine insoluble iridium particles from lung epithelium to extrapulmonary organs is size dependent but very low*, J Toxicol Environ Health A 65(20), 1513-30.
 11 Kanapilly, G. M. und Diel, J. H., 1980, *Ultrafine 239PuO2 aerosol generation, characterization and short-term inhalation study in the rat*, Health Phys 39(3), 505-19.
 12 Oberdorster, G., Oberdorster, E. und Oberdorster, J., 2005, *Nanotoxicology: an emerging discipline evolving from studies of ultrafine particles*, Environ Health Perspect 113(7), 823-39.

13 www.medizinfo.de/gastro/images/duendarm.jpg.
 14 Nemmar, A., Hoet, P. H., Vanquickenborne, B., Dinsdale, D., Thomeer, M., Hoylaerts, M. F., Vanbilloen, H., Mortelmans, L. und Nemery, B., 2002, *Passage of inhaled particles into the blood circulation in humans*, Circulation 105(4), 411-4.
 15 Borm, P. J., Robbins, D., Haubold, S., Kuhlbusch, T., Fissan, H., Donaldson, K., Schins, R., Stone, V., Kreyling, W., Lademann, J., Krutmann, J., Warheit, D. und Oberdorster, E., 2006, *The potential risks of nanomaterials: a review carried out for ECETOC, Part Fibre*, Toxicol 3, 11.
 16 Frampton, M. W., Utell, M. J., Zareba, W., Oberdorster, G., Cox, C., Huang, L. S., Morrow, P. E., Lee, F. E., Chalupa, D., Frasier, L. M., Speers, D. M. und Stewart, J., 2004, *Effects of exposure to ultrafine carbon particles in healthy subjects and subjects with asthma*, Res Rep Health Eff Inst (126), 1-47; discussion 49-63.
 17 Semmler, M., Seitz, J., Erbe, F., Mayer, P., Heyder, J., Oberdorster, G. und Kreyling, W. G., 2004, *Long-term clearance kinetics of inhaled ultrafine insoluble iridium particles from the rat lung, including transient translocation into secondary organs*, Inhal Toxicol 16(6-7), 453-9.
 18 Elder, A. und Oberdorster, G., 2006, *Translocation and effects of ultrafine particles outside of the lung*, Clin Occup Environ Med 5(4), 785-96.

IMPRESSUM:

Medieninhaber: Österreichische Akademie der Wissenschaften; Juristische Person öffentlichen Rechts (BGBl 569/1921 idF BGBl I 130/2003); Dr. Ignaz Seipel-Platz 2, A-1010 Wien

Herausgeber: Institut für Technikfolgen-Abschätzung (ITA); Strohgasse 45/5, A-1030 Wien; www.oew.ac.at/ita

Erscheinungsweise: Die NanoTrust-Dossiers erscheinen unregelmäßig und dienen der Veröffentlichung der Forschungsergebnisse des Instituts für Technikfolgen-Abschätzung im Rahmen des Projekts NanoTrust. Die Berichte werden ausschließlich über das Internetportal „epub.oew.ac.at“ der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt: epub.oew.ac.at/ita/nanotrust-dossiers/

NanoTrust-Dossier Nr. 003, Mai 2008: epub.oew.ac.at/ita/nanotrust-dossiers/dossier003.pdf

ISSN: 1998-7293



Dieses Dossier steht unter der Creative Commons (Namensnennung-NichtKommerziell-KeineBearbeitung 2.0 Österreich) Lizenz: creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.0/at/deed.de

19 Elder, A., Gelein, R., Silva, V., Feikert, T., Opanashuk, L., Carter, J., Potter, R., Maynard, A., Ito, Y., Finkelstein, J. und Oberdorster, G., 2006, *Translocation of inhaled ultrafine manganese oxide particles to the central nervous system*, Environ Health Perspect 114(8), 1172-8.
 20 Elder, A. C., Gelein, R., Finkelstein, J. N., Cox, C. und Oberdorster, G., 2000, *Pulmonary inflammatory response to inhaled ultrafine particles is modified by age, ozone exposure, and bacterial toxin*, Inhal Toxicol 12 Suppl 4, 227-46.
 21 Homma, S., Miyamoto, A., Sakamoto, S., Kishi, K., Motoi, N. und Yoshimura, K., 2005, *Pulmonary fibrosis in an individual occupationally exposed to inhaled indium-tin oxide*, Eur Respir J 25(1), 200-4.
 22 Kotter, J. M. und Zieger, G., 1992, *Sarcoid granulomatosis after many years of exposure to zirconium, „zirconium lung“*, Pathologie 13(2), 104-9.
 23 Poland, C.A., Duffin, R., Kinloch, I., Maynard, A., Wallace, W.A.H., Seaton, A., Stone, V., Brown, S., William, M., Donaldson, K. 2008, *Carbon nanotubes introduced into the abdominal cavity of mice show asbestos-like pathogenicity in a pilot study*, Nature Nanotechnology, Published online: 20 May 2008.
 24 Roller, M. und Pott, F., 2006, *Lung tumor risk estimates from rat studies with not specifically toxic granular dusts*, Ann N Y Acad Sci 1076, 266-80.
 25 Geiser, M., Rothen-Rutishauser, B., Kapp, N., Schurch, S., Kreyling, W., Schulz, H., Semmler, M., Im Hof, V., Heyder, J. und Gehr, P., 2005, *Ultrafine particles cross cellular membranes by nonphagocytic mechanisms in lungs and in cultured cells*, Environ Health Perspect 113(11), 1555-60.
 26 Stone, V., Johnston, H. und Clift, M. J., 2007, *Air pollution, ultrafine and nanoparticle toxicology: cellular and molecular interactions*, IEEE Trans Nanobioscience 6(4), 331-40.
 27 Oberdorster, G., Sharp, Z., Atudorei, V., Elder, A., Gelein, R., Lunts, A., Kreyling, W. und Cox, C., 2002, *Extrapulmonary translocation of ultrafine carbon particles following whole-body inhalation exposure of rats*, J Toxicol Environ Health A 65(20), 1531-43.
 28 Nemmar, A., Vanbilloen, H., Hoylaerts, M. F., Hoet, P. H., Verbruggen, A. und Nemery, B., 2001, *Passage of intratracheally instilled ultrafine particles from the lung into the systemic circulation in hamster*, Am J Respir Crit Care Med 164(9), 1665-8.



S. Grebler, A. Gazsó, M. Simkó,
M. Nentwich, U. Fiedeler

Nanopartikel und nanostrukturierte Materialien in der Lebensmittelindustrie

Zusammenfassung

Nanotechnologie bietet für die Lebensmittelindustrie interessante Anwendungsmöglichkeiten und ein großes Marktpotenzial. Dem gegenüber steht aber eine vorwiegend ablehnende Einstellung der KonsumentInnen zu Nanomaterialien und Nanopartikel in Lebensmitteln. Hersteller kommunizieren zu diesem äußerst sensiblen Thema deshalb nur wenig. Daraus resultiert ein derzeit sehr geringer Informationsstand zu Entwicklungen und tatsächlichen Anwendungen. Synthetische Nanomaterialien in Form von Nanokapseln oder Nanoemulsionen finden als Trägersysteme und zum Schutz aktiver Inhaltsstoffe bei der Herstellung, Lagerung und im Handel besonderes Interesse. Nanopartikel Farbstoffe werden bei der Getränkeherstellung eingesetzt, nanoskalige Kieselsäure findet als Lebensmittelzusatz- und -verarbeitungshilfsstoff Verwendung, Vitamine, Mineralien und Heilkräuter werden in Nanogröße Nahrungsergänzungsmitteln zugefügt. Darüber hinaus findet Nanotechnologie auch Anwendung im Bereich der Lebensmittelverpackung, der Lebensmittelsicherheit und Sensortechnik.

Einleitung

Das Thema Nanotechnologie im Lebensmittelbereich gewinnt zunehmend an öffentlichem Interesse. So etwa widmet sich der BUND (Friends of the Earth) in seiner kürzlich erschienenen Veröffentlichung „Aus dem Labor auf den Teller“ ausführlich der Nutzung von Nanotechnologie im Lebensmittelbereich. Doch fundierte Informationen sind spärlich und viele Fragen insbesondere zum Konsumentenschutz sind noch offen.

Die Nanotechnologie bietet viele neue Möglichkeiten, die auch für die Lebensmittelindustrie von Interesse sind. Die Helmut Kaiser Consultancy prognostiziert in ihrer Studie „Nanofood“ (2004) ein Marktpotenzial von 20,4 Mrd. USD für das Jahr 2010. Mehr als 200 Firmen weltweit sollen in diesem Bereich bereits tätig sein, v. a. in den USA, Japan und China.¹ So hat z. B. Kraft Foods Inc. (USA) im Jahr 2000 das „Nanotek“-Konsortium ins Leben gerufen, in dem 15 Universitäten und Forschungseinrichtungen weltweit involviert sind.¹ Mars Inc. (USA) hält ein Patent² für ultradünne anorganische Überzüge von Produkten für den Verzehr.³ Nestlé (CH) beschäftigt sich mit Verkapselungssystemen⁴ für die Abgabe von aktiven Inhaltsstoffen (z. B. Geschmacksstoffe, Vitamine, Fettsäuren) in Lebensmitteln.⁵

Nanotechnologie im Lebensmittelbereich ist ein sensibles Thema. Hersteller befürchten ähnlich wie im Fall der Gentechnik eine pauschale Ablehnung von Produkten, die Nanomaterialien enthalten. Die Befürchtungen sind nicht unberechtigt, denn jüngste Umfragen zeigen, dass die Mehrheit der Konsumenten und Konsumentinnen Nanopartikel oder Nanomaterialien in Lebensmitteln ablehnen.⁶ Lebensmittelkonzerne kommunizieren deshalb nur in geringem Maße die Verwendung von Nanomaterialien in Produkten. Aus diesem Grund ist nicht bekannt, wie viele solcher Lebensmittel derzeit bereits auf dem Markt sind. Darüber hinaus bestehen noch Un-

klarheiten darüber, welche Entwicklungen tatsächlich der Nanotechnologie zuzurechnen sind. Klare Abgrenzungen und Definitionen fehlen – sie festzulegen ist aber aufgrund der Komplexität und Vielgestaltigkeit der Nanotechnologie auch kein leichtes Unterfangen.

Dieses Dossier gibt zunächst einen Überblick über die Grundlagen für die Anwendung von Nanotechnologie im Lebensmittelbereich. Danach werden die verschiedenen Anwendungsbereiche wie Lebensmittelherstellung und Verpackung, Sicherheit und Sensortechnik kurz dargestellt. In einem abschließenden Abschnitt werden Beispiele von Anwendungen und Produkten genannt, die bereits im Handel erhältlich sind.

Grundlagen

In Lebensmitteln finden sich von Natur aus Bestandteile in Nanometergröße. Diese sind von synthetisch hergestellten Nanomaterialien zu unterscheiden. Weiters werden unsere Lebensmittel schon seit langem Ver- und Bearbeitungsprozessen unterzogen, bei denen Nanostrukturen entstehen, die aber nichts mit moderner Nanotechnologie zu tun haben, wie etwa Gelieren, Emulgieren oder Homogenisieren. Die beiden folgenden Abschnitte bieten einen kurzen Überblick über die wichtigsten Grundlagen und Definitionen.

Natürliche Nanostrukturen in Lebensmitteln

Lebensmittelproteine sind globuläre Partikel in Größen von 10 bis einigen hundert Nanometern. Viele Polysaccharide und Lipide sind kettenförmige Polymere, die in einer Dimension weniger als einen Nanometer groß sind. Gelieren oder Emulgieren basieren auf der Bildung von netzartigen, zwei- und dreidimensionalen Nanostrukturen. Wenn Stärke gekocht wird, um Pud-

ding herzustellen, werden nur einige zehner Nanometer große, dreidimensionale Kristallstrukturen geschmolzen.¹

Milch und Milchprodukte beinhalten natürlicherweise Nanostrukturen, wie Molkeproteine und Caseine. Bei der Homogenisierung von Milch entstehen Fettkügelchen in der Größe von etwa 100 nm.⁷

Synthetische Nanomaterialien in Lebensmitteln⁸

Nanotechnologie hat v. a. ein großes Potenzial im Bereich der funktionellen Lebensmittel („Functional Food“⁹, „Nutraceuticals“¹⁰). Wirkstoffe und Substanzen können in nanostrukturierte Materialien eingeschlossen werden (Verkapselung). Dadurch soll(en)

- die Löslichkeit verbessert werden (z. B. von Farbstoffen),
- eine kontrollierte Abgabe ermöglicht werden (z. B. erst in bestimmten Teilen des Verdauungstraktes, etwa um den schlechten Geschmack eines an sich wertvollen Inhaltsstoffes zu verhindern. Beispiel: Omega-3-Fettsäuren in Fischölen),
- die Bioverfügbarkeit, d. h. die vom Körper tatsächlich aufgenommene Menge eines Nahrungsbestandteils (z. B. Vitamine, Mineralien) erhöht werden,
- Mikronährstoffe und bioaktive Komponenten während der Herstellung, Lagerung und im Handel geschützt werden.

Die derzeit wichtigsten nanostrukturierten Materialien sind Nanokapseln (Mizellen, Liposome) und Nanoemulsionen.

Mizellen

Mizellen sind kugelförmige Strukturen mit einem Durchmesser von 5–100 nm. Sie bilden sich spontan, wenn ein Netzmittel (Tensid) in Wasser gelöst wird. Mizellen haben die Fähigkeit, nicht-polare Moleküle, wie etwa Lipide, Geschmackstoffe, antimikrobielle Substanzen, Antioxidantien und Vitamine einschließen zu können. Komponenten, die normalerweise nicht wasserlöslich sind, können mithilfe von Mizellen wasserlöslich gemacht werden. Mizellen, die gelöste Materialien beinhalten, werden als Mikroemulsionen bezeichnet. Mizellen werden in der Pharmazie schon seit längerem verwendet, finden aber erst seit kurzem das Interesse der Lebensmittelindustrie.

Liposome (Lipidvesikel)

Liposome sind kugelförmige, polymolekulare Aggregate mit einer doppellagigen Schale. Die Größe variiert von 20 nm bis einige hundert Mikrometer.

Liposome werden durch polare Lipide gebildet, die häufig in der Natur zu finden sind (z. B. Phospholipide aus Soja und Eiern). Wie auch Mizellen können Liposome ein breites Spektrum von funktionalen Komponenten umschließen. Der Unterschied ist allerdings, dass Liposome sowohl wasser- als auch fettlösliche Komponenten einkapseln können. Liposome werden erfolgreich eingesetzt, um empfindliche Proteine einzuschließen, wobei diese unabhängig von den äußeren Bedingungen (z. B. chemische Einflüsse) ihre Funktion behalten. Mithilfe von Liposomen kann z. B. auch die Lagerfähigkeit von Milchprodukten erhöht werden.

Nanoemulsionen

Nanoemulsionen sind sehr feine Öl-in-Wasser-Emulsionen mit einer mittleren Tropfengröße von 50–200 nm. Nanoemulsionen streuen das sichtbare Licht nicht, sodass sie transparent sind. Aufgrund der geringen Teilchengröße bleiben Nanoemulsionen auch längere Zeit stabil, d. h. es kommt später als bei herkömmlichen Emulsionen zu einer Trennung von Öl und Wasser (was zu einem kompletten Zusammenbruch der Emulsion führt). Die Bioverfügbarkeit von lipophilen Substanzen kann durch Nanoemulsionen stark erhöht werden. So werden Nanoemulsionen z. B. seit längerer Zeit für die parenterale (künstliche) Ernährung eingesetzt. Auch zeigen sie interessante Textureigenschaften – sie verhalten sich sogar bei einer geringen Öltropfenkonzentration wie eine zähflüssige Creme, was sie interessant für die Entwicklung von fettreduzierten Produkten macht.

Anwendungsbereiche

Im Folgenden wird eine Auswahl möglicher Anwendungsbereiche von Nanopartikeln und nanostrukturierten Materialien in der Lebensmittelindustrie präsentiert. Neben den Hilfs- und Zusatzstoffen zählen dazu auch prozesstechnische Anwendungen.¹¹

Lebensmittelherstellung und Zusatzstoffe

(1) **Funktionelle Lebensmittel** („Functional Food“ bzw. „Nutraceuticals“): Mizellen und Liposome (Lipidvesikel) können als Träger für ätherische Öle, Geschmackstoffe, Antioxidantien, Coenzym Q10, Vitamine, Mineralien, Pflanzenwirkstoffe, Proteine, Enzyme, Geschmackstoffe und antimikrobielle Komponenten fungieren (Produkt z. B. Canola Active Oil, Israel; Mizellen mit Phytosterol). Durch die Verkapselung aktiver Wirkstoffe (z. B. Polyphenol, Mineralien, Mikronährstoffe) können diese auch vor Oxidation geschützt und ihr schlechter Geschmack im Endprodukt verringert werden (Produkt Tip-Top Up Bread, Australien; Brot mit Nanokapseln für Fischöl, das die gesundheitsfördernden Omega-3-Fettsäuren enthält). Nanoröhren (Nanotubes) und Nanokugeln (Nanospheres) aus Milch- bzw. Molkeprotein können als Geliermittel und ebenfalls für die Verkapselung von Wirkstoffen oder als Trägermaterial zur kontrollierten Abgabe von Substanzen eingesetzt werden (in Entwicklung).

(2) **Synthetisches nanopartikuläres Lycopin** (ein Carotinoid; roter Farbstoff der Tomaten) als Nahrungsergänzungsmittel und zur Anreicherung in Lebensmitteln (BASF, Produkt LycoVit). Durch die amerikanische Lebensmittelbehörde (US Food and Drug Administration, FDA) als sicher eingestuft („generally recognized as safe“, GRAS). Ein Antrag auf Zulassung innerhalb der EU wurde gestellt.¹²

(3) **Nanopartikuläres Beta-Carotin** als Farbstoff bei der Getränkeherstellung (Produkt Lucarotin 10 CWD, BASF). Ein Schutzkolloid aus modifizierter Stärke umgibt die Nanopartikel und verhindert die Aggregation und Agglomeration („Klumpenbildung“). Carotin und modifizierte Stärke sind zugelassene Lebensmittelzusatzstoffe (E160a bzw. E1450). Dadurch ist die Zulassung des nanopartikulären Carotins gegeben.¹³

(4) **Nanopartikuläres Siliciumdioxid (SiO₂)**: Siliciumdioxid ist nur für bestimmte Lebensmittel zugelassen (E551), u. a. für Trockenlebensmittel in Pulverform, Käse (in Scheiben oder gerieben), Würzmittel, Nahrungsergänzungsmittel, Kochsalz, Kochsalzersatz und als Zusatzstoff deklarationspflichtig. Außerdem ist es als Trägerstoff von Emulgatoren, Farbstoffen und Aromen erlaubt. Die tolerierbare tägliche Aufnahme ist nicht festgelegt; Siliciumdioxid gilt als unbedenklich.¹⁴ Darüber hinaus darf SiO₂ als Gel oder kolloidale Lösung (fein verteilte Teilchen) auch als Verarbeitungshilfsstoff für Lebensmittel pflanzlichen Ursprungs verwendet werden.¹⁵

Verarbeitungshilfsstoffe sind keine Zutaten, sondern werden bei der technischen Be- und Verarbeitung verwendet, wobei Rückstände im Endprodukt verbleiben können.

Synthetisches SiO₂ wird u. a. als pyrogene (kolloidale) Kieselsäure von verschiedenen Firmen angeboten, z. B. unter dem Produktnamen Aerosil von der Firma Evonik¹⁶ (Anwendungen: Lebensmittel und Kosmetik; Verdickungsmittel, Verbesserung der Rieselfähigkeit von Pulvern, gegen das Verklumpen von Pulvern). „Bad Ischler 7-Kräuter-Salz“ enthält z. B. Aerosil als Rieselhilfe.¹⁷

Die Primärteilchen der pyrogenen Kieselsäure liegen naturgemäß in Nanogröße vor, da es sich dabei um ein Kolloid handelt. Die Teilchen neigen aber zu Agglomerationen, die größer als 100 nm sind. Einzelne Partikel treten nur gelegentlich auf, bilden aber Aggregate, die als unbedenklich für die Gesundheit gelten, da sie unverändert ausgeschieden werden.¹⁸

Synthetische Kieselsäure ist kein Produkt der modernen Nanotechnologie. Sie wird seit vielen Jahren produziert und im Lebensmittelbereich verwendet. Struktur und Teilchenfeinheit wurden nicht verändert.¹⁹

(5) **Nanopartikuläres Titandioxid (TiO₂):** TiO₂ ist in der größeren Form ein zugelassener Lebensmittelfarbstoff (E 171). Es wird aufgrund seiner UV-Beständigkeit als weißes Pigment in Papier und Plastik verwendet. TiO₂ ist auch direkt in Lebensmitteln zu finden, etwa in der Zuckerglasur von Konfekt oder auch in Instant-Getränken. Mars Inc. (USA) hält ein Patent²⁰ für anorganische Überzüge von Produkten für den Verzehr.²¹ Insbesondere Süßwaren sollen durch eine transparente, ultradünne Schicht (0,2–500 nm) von anorganischem Material (SiO₂, SiO, CaO, ZnO, TiO₂ oder MnO) vor Feuchtigkeit und Sauerstoff geschützt und so die Lagerfähigkeit verlängert werden. Das Patent wurde bislang nicht eingesetzt, soll in verschiedenen Ländern auslaufen und nicht mehr erneuert werden.²² TiO₂ in Nanoform ist für Lebensmittel nicht zugelassen. Bislang gibt es keine gesicherten Hinweise darauf, dass es derzeit in Lebensmitteln eingesetzt wird.¹⁸

(6) **Zerkleinerung von Heilkräutern auf Nanogröße** (Nanopulver, Nanoemulsionen; in Anwendung, z. B. in Nahrungsergänzungsmitteln).

(7) **Wasseraufbereitung** mittels Nano-Membranen (Desinfektion, Schadstoffentfernung; in Entwicklung).

(8) Katalytische Verbesserung von Frittieröl durch einen **nanokeramischen Einsatz für Gewerbe-Fritteusen**, welcher die Polymerisationen des Öls und die damit verbunde-

Tabelle 1: Nanopartikel und nanostrukturierte Materialien in der Lebensmittelindustrie und Anwendungsbeispiele

| Kategorie | Nanopartikel, nanostrukturierte Materialien | Anwendungsbeispiele |
|------------------------------|--|---|
| Lebensmittelherstellung | Nanokapseln (Mizellen, Liposome) Nanoemulsionen Nanoröhren und Nanokugeln aus Milchprotein | Verkapselung, Verbesserung der Löslichkeit, Schutz und kontrollierte Abgabe von Inhaltsstoffen; Anwendung z. B. für „Nutraceuticals“ bzw. „Functional Food“ |
| | Membrane | Wasseraufbereitung, Filter |
| | nanokeramische Beschichtungen | Reinigung und Frischhaltung von Frittieröl |
| | Nanopulver | Heilkräuterezusätze |
| | Nano-Lycopin | Antioxidans für Nahrungsergänzungs- und Lebensmittel |
| | Nano-Beta-Carotin | Farbstoff für Getränke |
| | Nano-Siliziumdioxid | Lebensmittelzusatzstoff und Verarbeitungshilfsstoff |
| Verpackung | TiO ₂ , SiO, CaO, ZnO, MnO | Überzug von Süßwaren |
| | Nanokomposite, Nanopartikel (Silber, Titandioxid, Siliziumdioxid, Nano-Ton) | Folien, Verpackungscontainer, PET-Flaschen |
| Sicherheit und Sensortechnik | Nano-Cantilever (Messnadeln) Nanodrähte | Sensoren zum Aufspüren von Krankheitserregern, Chemikalien, Giften |
| | Nano-Silber | Antibakterielle Beschichtungen in Haushaltsgeräten |

nen schlechten Gerüche verhindert (Produkt OilFresh, USA).

(9) **Filterpapier** mit Nano-Silizium zur Entfernung von Coffein aus dem Kaffee (in Entwicklung; Universität von Nebraska, Lincoln, USA).²³ Ähnliche Filterpapiere könnten auch zur Entfernung von Cholesterin oder Nikotin eingesetzt werden.

(10) **Interaktive Lebensmittel und Getränke mit Nanokapseln**, die bei bestimmten Mikrowellen-Frequenzen aufbrechen und die gewünschten Aromen und Farben freisetzen („on-demand-delivery“). Dadurch wird eventuell in Zukunft die in-situ-Modifikation eines Produktes hinsichtlich Geschmacks und Farbe ermöglicht. Ein bekanntes Beispiel dafür ist die so genannte „Magic Pizza“, die aber bislang noch ein reines Phantasieprodukt ist.

Verpackung

Nanokomposite²⁴ oder Nanopartikel (z. B. Silber, TiO₂, SiO₂, Nano-Ton) in Verpackungsmaterialien können einen besseren Schutz der Lebensmittel gewährleisten, etwa indem sie die Durchlässigkeit von Folien verringern, desodorierend wirken, UV-Licht abblocken, die Hitzebeständigkeit und die Beständigkeit gegenüber mechanischer Belastung erhöhen, gegen Bakterien oder Pilze wirken.

TiO₂ in Nanoform ist transparent, behält aber seine UV-Beständigkeit und wird von mehreren Firmen als Füllpartikel in Folien und Plastikcontainern vertrieben. Nano-TiO₂ in Verpackungsmaterialien wird als lebensmittelsicher eingestuft, obwohl sich die meisten Sicherheitsdaten auf die größere Form beziehen. Es ist nicht bekannt, ob es Untersuchungen dazu gibt, dass Verpackungsmaterialien mit Nano-TiO₂ ebenso inert (wenig reaktiv) sind, wie jene mit der größeren „Bulk“-Form, d. h. es ist nicht auszuschließen, dass Nano-TiO₂-Partikel von der Verpackung auf die Lebensmitteln übergehen.

Nylon-Nanokomposite werden für Lebensmittelverpackungen verwendet (z. B. PET-Flaschen für Bier und andere alkoholische Getränke), da sie eine Barriere für Sauerstoff und CO₂ darstellen und damit die Frische des Produktes erhalten bleibt bzw. üble Gerüche abgehalten werden.

Sicherheit und Sensortechnik

(1) Protein-umhüllte **Nano-Cantilever (Messnadeln)**, die bei einer spezifischen Frequenz vibrieren, stellen eine neue Klasse von ultrakleinen **Sensoren** dar, die derzeit entwickelt werden. Sie sollen ein rasches Aufspüren von Viren, Bakterien und anderen Krankheitserregern ermöglichen. Wenn Verunreinigungen (etwa Bakterien) an der spezifizierten Ober-

fläche haften bleiben, führt das zu einer Massenänderung des Cantilevers und damit zu einer nachweisbaren Verschiebung der Resonanzfrequenz.²⁵

(2) **Nanodrähte**, versehen mit synthetischer „baumförmiger“ DNA (Dendrimere), könnten in Zukunft als eine Art **Nano-Strichcode** fungieren, um Krankheitserreger in Lebensmitteln aufzuspüren.²⁶

(3) Ein tragbarer Miniatur-**Mikrobiendetektor** wurde unter Verwendung verschiedener **Nanodrähte** sowie spezifischer, fluoreszierender Antikörper in den USA entwickelt, um gleichzeitig Gifte, Krankheitserreger und Chemikalien aufzuspüren. Das spezielle Einsatzgebiet dieses Gerätes sind Biowaffen (z. B. Anthrax). Es kann aber in Zukunft auch im Bereich der Lebensmittelsicherheit von Interesse sein.²⁷

(4) **Beschichtungen mit Silber-Nanopartikeln** werden bereits für Kühlschränke verwendet, um die Ausbreitung von Bakterien und Mikroben zu verhindern.

Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Anwendungsbereiche und verwendeten Nanomaterialien.

Nanotech im Handel

Nanolebensmittel

Das Woodrow Wilson Center²⁸ listet 67 Produkte in der Kategorie „Food & Beverages“, von denen die Hersteller explizit behaupten, dass es sich um nanotechnologisch hergestellte Lebensmittel oder Lebensmittel mit nanoskaligen Komponenten handelt (Stand vom 29.2.08). Darunter finden sich: antibakterielles Besteck, Anti-Haft-Pfannen, Desinfektionsspray, Reinigungsmittel, Backformen, gasdichte PET-Flaschen, Aufbewahrungsbehälter, Kühlschränke, Babyflasche, Folien sowie vierzig Einträge unter „Nahrungsergänzungsmittel“. Nur drei Artikel sind Nahrungsmittel:

- Canola Active Oil, Israel: (Mizellen mit Phytosterol behindern die Aufnahme von Cholesterin im Darm).
- Nanoceuticals Slim Shake Chocolate, USA: Schlankheitsmittel mit „Nanoclusters“ (Delivery-System) für den Schokoladengeschmack.
- Nanotea, China: Tee mit Nano-Selen.

Die Produktliste www.nanoproducts.de listet zehn Produkte aus dem Lebensmittelbereich (Stand 9.4.08). Darunter zwei Industriepro-

dukte (Nanokapseln), sieben Nahrungsergänzungsmittel (Mineralien, Zeolith, kolloidales Silber, Co-Enzym Q10) sowie Nanotee mit Selen.

Weitere Beispiele sind:

- Kaugummi mit verkapseltem Kakaopulver für den Schokoladengeschmack, O'lala Foods (USA).²⁹
- Tip-Top Up Bread (Brot mit Nanokapseln für Fischöl), Nu-Mega and Clover Corp. (Australien): Die Kapseln schützen das Fischöl vor Oxidation und verhindern den unangenehmen Fischgeschmack. Die KonsumentInnen profitieren von den gesundheitlichen Vorteilen der im Fischöl enthaltenen Omega-3-Fettsäuren.³⁰

Nahrungsergänzungsmittel

Im Bereich Nahrungsergänzungsmittel finden sich zumeist nanoskalige Mineralstoffe wie Silicium, Magnesium, Calcium, Zeolith aber auch Nanosilber und Nanogold.

Das Woodrow Wilson Center listet 40 Nahrungsergänzungsmittel, d. i. die Mehrheit der 67 Produkte, die unter der Kategorie „Food & Beverages“ angeführt sind.³¹

Einer der Anbieter von Nahrungsergänzungsmitteln mit Nanomineralien ist die Firma „Neosino“, deren Produkte auch in Österreich erhältlich sind. Silicium, Magnesium und Calcium in Nanoform sollen eine bessere Bioverfügbarkeit aufweisen und insbesondere der Stärkung des Immunsystems dienen.³² Auch Nahrungsergänzungsmittel für Bodybuilder sind im Handel erhältlich, z. B. NaNO Vapor der Firma Margaritella³³, ebenso wie eine Reihe von Produkten, die von Online-Händlern direkt über das Internet vertrieben werden. Dazu gehören z. B.

die Produkte aus der NanoPRIME Linie, die Nano-Zeolith enthalten und bei einer Vielzahl von Erkrankungen helfen sollen.³⁴ Kolloidales Silber- und Goldwasser kann ebenfalls über das Internet bezogen werden und verspricht neben Glück und Harmonie auch die Heilung verschiedenster Krankheiten.³⁵

Anmerkungen und Literaturhinweise

- 1 Institute of Food Science & Technology (IFST) (2006): Nanotechnology Information Statement.
- 2 US5741505, 25.7.1996.
- 3 www.wikipatents.com/ca/2210851.html.
- 4 Verkapselungssysteme bieten Schutz und dienen dem Wirkstofftransport und der Wirkstoffabgabe durch sogenannte Nanokapseln (Mizellen, Liposome).
- 5 Ubbink J. und Krüger J. (2006): Physical approaches for the delivery of active ingredients in foods. Trends in Food Science & Technology 17, 244-254.
- 6 Bundesinstitut für Risikobewertung (2007): The majority of consumers view the development of nanotechnology favourably. Pressemitteilung 19.12.2007, www.bfr.bund.de/cd/10563.
- 7 www.milchindustrie.de.
- 8 Nach Chen H., Weiss J., Fereodoon S. (2006): Nanotechnology in Nutraceuticals and Functional Food. Emerging technology has shown great potential for delivering bioactive compounds in functional foods to improve human health. foodtechnology 03.06, pp. 30-36.
- 9 Functional Food: funktionelle Lebensmittel, welche mit zusätzlichen Inhaltsstoffen („Nutraceuticals“) angereichert werden, die einen positiven Effekt auf die Gesundheit haben sollen.
- 10 Nutraceuticals: Kombination der englischen Wörter „Nutrition“ (Ernährung) und „Pharmaceuticals“ (Pharmazeutika). Nutraceuticals sind biologisch aktive Inhaltsstoffe (z. B. sekundäre Pflanzenstoffe, Antioxidantien), die im Bereich des „Functional Foods“ eingesetzt werden und einen medizinischen bzw. gesundheitlichen Nutzen haben sollen (z. B. Senkung des Cholesterinspiegels).
- 11 Nach Chau Ch., Wu S., Yen G. (2007): The development of regulations for food nanotechnology. Trends in Food Science & Technology 18 (2007), pp. 269-280. *Aufzählung im Text verändert und ergänzt.*
- 12 www.media.basf.com/de/presse/mitteilungen/pm.htm?pmid=2961&n=10&id=V00-XxSb3C5RTbcp*e-, 8.4.08.
- 13 BASF Presseinformation, „Beta-Carotin für Getränke: Erst die Formulierung sorgt für Farbe und Stabilität“, Dr. Lutz End, corporate.basf.com/de/innovationen/felder/ernaehrung.
- 14 www.zusatzstoffe-online.de.

Fazit

Das zunehmende Interesse am Thema Nanotechnologie im Lebensmittelbereich ist angesichts einer Vielzahl von Nanopartikeln und nanostrukturierten Materialien, die bereits zum Einsatz kommen und weltweit gehandelt werden, durchaus berechtigt. Aufgrund der geringen Bereitschaft der Industrie ihre Entwicklungen und Anwendungen offen zu kommunizieren, bleiben viele Fragen ungeklärt. Mehr Transparenz und ein Dialog mit der Öffentlichkeit könnten dazu beitragen, Unklarheiten zu beseitigen und eine fundierte Auseinandersetzung sowohl mit den Vorteilen als auch mit potenziellen Risiken zu fördern.

- ¹⁵ Anhang zur Aktualisierung des Anhangs VI der EU-VO 2092/91 – Änderung vom 25.5.2006.
- ¹⁶ www.aerosil.com/aerosil/de.
- ¹⁷ www.salinen.at.
- ¹⁸ Grobe A., Renn O. & Jäger A. (2008): IRGC workshop briefing paper: Appropriate risk governance strategies for nanotechnology applications in food and cosmetics. International Risk Governance Council (IRGC).
- ¹⁹ Dazu wörtlich eine Information von Evonik (www.degussa-nano.com/nano/de/nachhaltigkeit/sicherereprodukte): „Amorphe Kieselsäure wird seit Jahrzehnten als Verarbeitungshilfsmittel in Trockenpulver in die Lebensmittelindustrie verkauft. Typische Einsatzgebiete sind der Zusatz zu Gewürzpulver, Tomatenpulver oder Eipulver. Der Mengenanteil im Trockenpulver liegt im unteren einstelligen Prozentbereich. Kieselsäure ist für diese Anwendung geprüft und als Lebensmitteladditiv E 551 seit den 60er Jahren zugelassen. Struktur und Teilchenfeinheit der in Lebensmitteln verwendeten Kieselsäure wurden bis zum heutigen Tag nicht geändert. Umfangreiche toxikologische Studien geben keine Hinweise auf nachteilige gesundheitliche Effekte. Auch bei der langjährigen Verwendung von pyrogenen Kieselsäuren als Zusatz in vielen Arzneimitteln sind keine Auffälligkeiten bekannt.“
- ²⁰ US5741505, 25.7.1996.
- ²¹ www.wikipatents.com/ca/2210851.html.
- ²² BUND (Freunde der Erde) (2007): Aus dem Labor auf den Teller.
- ²³ Goho A. (2004): Hungry for nano: the fruits of nanotechnology could transform the food industry. Science News, 25.9.2004.
- ²⁴ Nanokomposite: Verbundwerkstoffe, bei denen Nanopartikel in eine Matrix eingebunden sind.
- ²⁵ ElAmin Ahmed (2006): Nanocantilevers studied for quick pathogen detection. www.nutraingredients.com/news/ng.asp?n=70159-nanotechnology-nanoscale-pathogens.
- ²⁶ Color coded pathogens offer safer food formulation (2005), www.foodnavigator.com/news/news-ng.asp?n=60665-colour-coded-pathogens.
- ²⁷ Codierte Nano-Drähte entlarven Biowaffen (2007). www.lifegen.de/newsip/shownews.php4?getnews=2006-09-08-5111&pc=s01.
- ²⁸ www.nanotechproject.org.
- ²⁹ www.olalafoods.com, www.foodprocessing.com/articles/2006/227.html.
- ³⁰ www.nu-mega.com; www.foodprocessing.com/articles/2006/227.html.
- ³¹ www.nanotechproject.org, Zugriff 29.2.08.
- ³² www.neosino.at.
- ³³ www.margaritella.com.
- ³⁴ www.nanoprime.at.
- ³⁵ www.gela.at.

IMPRESSUM:

Medieninhaber: Österreichische Akademie der Wissenschaften; Juristische Person öffentlichen Rechts (BGBl 569/1921 idF BGBl I 130/2003); Dr. Ignaz Seipel-Platz 2, A-1010 Wien

Herausgeber: Institut für Technikfolgen-Abschätzung (ITA); Strohgasse 45/5, A-1030 Wien; www.oeaw.ac.at/ita

Erscheinungsweise: Die NanoTrust-Dossiers erscheinen unregelmäßig und dienen der Veröffentlichung der Forschungsergebnisse des Instituts für Technikfolgen-Abschätzung im Rahmen des Projekts NanoTrust. Die Berichte werden ausschließlich über das Internetportal „epub.oeaw“ der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt: epub.oeaw.ac.at/ita/nanotrust-dossiers/

NanoTrust-Dossier Nr. 004, Mai 2008: epub.oeaw.ac.at/ita/nanotrust-dossiers/dossier004.pdf

ISSN: 1998-7293



Dieses Dossier steht unter der Creative Commons (Namensnennung-NichtKommerziell-KeineBearbeitung 2.0 Österreich) Lizenz: creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.0/at/deed.de



A. Gzásó, U. Fiedeler,
M. Simkó, M. Nentwich

Umwelt- und Gesundheitsauswirkungen von Nanopartikeln – EU-Projekte im 6. Rahmenprogramm

Zusammenfassung

Im 6. Forschungsrahmenprogramm investierte die Europäische Kommission mehr als 30 Millionen Euro in die Erforschung von Umwelt- und Gesundheitsauswirkungen von Nanopartikeln (NP) und Nanomaterialien. Während zunächst der Schwerpunkt auf möglichen Gesundheitsauswirkungen gelegen war, wurden in der letzten Zeit auch zunehmend mögliche Umweltauswirkungen thematisiert. Die vier Hauptthemen der Projekte sind:

- **Schaffung einer Wissensbasis:** Umwelt- und Gesundheitsauswirkungen von NP (IMPART-NANOTOX); Carbonanotubes und deren Anwendungen (CANAPE); internationale Strategie der Risikobewertung von NP (IMPART-NANOTOX).
- **Toxikologie:** Zusammenhang zwischen physikochemischen Eigenschaften von NP und ihres möglichen toxischen Potenzials (CELLNANOTOX); Aussagen zur möglichen Toxizität von Carbonanotubes (CANAPE).
- **Zell- und organspezifische Forschung:** Interaktionen zwischen NP und lebenden Zellen (NANOINTERACT); Zellmodell zur NP-induzierten Immuntoxizität (DIPNA).
- **Arbeits- und Umweltschutz:** Charakterisierung von NP, Definition und Beschreibung von Belastungsniveaus in Labors und am Arbeitsplatz (NANOSH); Verfahren zur Risikoanalyse industriell gefertigter NP und Erstellung eines Risikomanagementsystems (NANOSAFE2); kontrollierte Entwicklung von multifunktionalen nanostrukturierten Produkten unter Beachtung des gesamten Lebenszyklus (SAPHIR); Nanotechnologien in Zusammenhang mit Umwelt und Arbeit (NANOCAP).

Einleitung

Sowohl in der Mitteilung der Europäischen Kommission „Auf dem Weg zu einer europäischen Strategie für Nanotechnologie“¹ als auch im Europäischen Aktionsplan für Nanotechnologie² („Nanowissenschaften und Nanotechnologien: Aktionsplan für Europa 2005-2009“) wird die Notwendigkeit eines sicheren und verantwortungsvollen Umgangs mit den Nanotechnologien betont. Gleichzeitig wurden gegenüber dem 5. Forschungsrahmenprogramm, in dem insgesamt etwa 2,5 Millionen Euro für Forschungsprojekte zu möglichen Umwelt- und Gesundheitsauswirkungen³ der Nanotechnologien ausgegeben wurden, die Geldmittel für diesen Bereich auf mehr als das 12-fache (mehr als 30 Millionen Euro) aufgestockt. Ein Anfang 2008 erschienener Bericht der Europäischen Kommission bietet eine Übersicht über viele abgeschlossene und laufende Projekte zu Gesundheits- und Umweltthemen auf europäischer und nationaler Ebene⁴.

Es ist zu erwarten, dass im 7. Rahmenprogramm die Forschungsschwerpunkte der vorangegangenen Rahmenprogramme fortgesetzt und verstärkt werden.⁵ Vom 17. bis 18. April 2008 fand in Brüssel ein Workshop statt, an dem die noch laufenden Projekte des FP7 und die geplanten bzw. bereits genehmigten Projekte des FP7 (wie etwa NanoImpactNet und NanoTest) präsentiert und diskutiert wurden.⁶ Wie wichtig der Europäischen Kommission sicherheits- bzw. risikorelevante Themen der Nanotechnologie sind, zeigt auch die Gründung des Projekts ObservatoryNANO, das im Wesentlichen der Früherkennung von Risiken dient und basierend auf wissenschaftlicher Expertise fundierte Politikberatung zu diesen Themen geben soll.⁷ Eine ähnliche Ausrichtung hat auch das Projekt NanoTrust des Instituts für Technikfolgen-Abschätzung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften.⁸

Dieses Dossier gibt eine Übersicht über die derzeit laufenden bzw. kürzlich abgeschlossenen Projekte des 6. Forschungsrahmenprogramms in diesem Bereich. Der Vollständigkeit halber wurden auch zwei Projekte in diese Übersicht aufgenommen, die nur mittelbar im Rahmen ihrer naturwissenschaftlichen Aufgabenstellungen auch gesundheits- (CANAPE) bzw. umweltrelevante (POLYSOA) Themen bearbeiten.

CELLNANOTOX (STReP⁹)

Titel: Cellular interaction and Toxicology with engineered nanoparticles

Leitung: Prof. Rafi Korenstein, Tel Aviv University, Dept. of Physiology & Pharmacology, Faculty of Medicine, IL-69978 Tel Aviv, Israel

Beginn: 1.11.2006

Ende: 31.10.2009 (= 36 Monate)

Projektkosten: 3,65 Mill. €

EU-Förderung: 2,6 Mill. €

Homepage:

www.fp6-cellnanotox.net/6.html

Kontakt: korens@post.tau.ac.il

Das Ziel des Projekts ist die Aufklärung der Wechselbeziehung zwischen den physikochemischen Eigenschaften von Nanopartikeln (NP) und ihres möglichen toxischen Potenzials auf verschiedene Organe des menschlichen Körpers. Neben der Anwendung konventioneller toxikologischer Methoden werden auch Methoden der Toxikogenomik und moderne Datenverarbeitungstechniken wie Knowledge Discovery from Data (KDD) und Data Mining angewendet.

Zu erwarten sind Ergebnisse bezüglich der Belastung der allgemeinen Bevölkerung und von Arbeitern durch industriell hergestellte, synthetische NP (manufactured nanoparticles, MNP). Des Weiteren sollen verbindliche Aussagen über mögliche Gesund-

heitsgefährdungen durch MNP getroffen werden, die schließlich zu Empfehlungen zur Regulierung der Anwendung von MNP in diesen Bereichen führen sollen.

Projektpartner sind unter anderem das französische Institut national de la santé et de la recherche médicale (INSERM), das Joint Research Centre in Ispra und die BASF AG, die auch an anderen einschlägigen nationalen und internationalen Forschungsprojekten zur Toxikologie von NP (NanoCare, Nanosafe2, Nano Safety Projekt des HESI/ILSI¹⁰) beteiligt sind.

DIPNA (STReP)

Titel: Development of an integrated platform for nanoparticle analysis to verify their possible toxicity and the eco-toxicity

Leitung: Dr. Antonietta M. Gatti, CNISM (Consortio Naniotale Interuniversitario per le Scienze Fisiche della Materia), Abteilung für Neurowissenschaften, Universität Modena, Italien

Beginn: 1.11.2006

Ende: 31.10.2009 (= 36 Monate)

Projektkosten: 4,54 Mill. €

EU-Förderung: 2,79 Mill. €

Österr. Beteiligung: Universität Salzburg, Abt. für Molekularbiologie (Univ.-Prof. Albert Duschl)

EU-Rückfluss: 247.000 €

Homepage: www.dipna.eu

Kontakt: gatti@dipna.eu oder antonietta.gatti@unimore.it

Das Hauptziel dieses Projekts ist die Entwicklung eines Zellmodells zur NP-induzierten Immuntoxizität, das die in vivo Befunde bestmöglich zu erklären in der Lage ist. Dafür werden u. a. In-vitro Tests zur Wechselwirkung zwischen künstlichen Nanopartikeln und Körperzellen durchgeführt. Diese sollen dann die Identifikation der Schlüsselmechanismen der Partikel-Zell-Interaktion unterstützen. Zusätzlich und in weiterer Folge soll ein entsprechendes Zellmodell entwickelt werden, das für die Laborbefunde geeignet ist. Schließlich soll dann dieses Zellmodell auch auf die Felduntersuchungen angewendet und entsprechend angepasst werden.

Die Anforderungen sind zum einen die Entwicklung geeigneter immun- und nanotoxikologischer Methoden und zum anderen die Abschätzung der Auswirkungen von Nanopartikeln auf Einzelzellen als auch die Abschätzung der NP-Belastung in der Arbeitsumgebung.

IMPART (CA¹¹) Phase 2 bzw. IMPART-NANOTOX

Titel: Improving the understanding of the impact of nanoparticles on human health and the environment

Leitung Phase 2: Dr. Karl Höhener, TEMAS AG, CH-9320 Arbon, Schweiz¹²

Beginn: 1.2.2005 (Phase 1); 1.6.2007 (Phase 2)

Ende: 31.1.2008 (= 36 Monate)¹³

Projektkosten: 741.826 €

EU-Förderung: 699.913 €

Homepage: www.impart-nanotox.org

Kontakt: karl.hoehener@temas.ch

NANOTOX (ursprünglich, SSA¹⁴)¹⁵

Titel: Investigative support for the elucidation of the toxicological impact of nanoparticles on human health and the environment

Leitung: Dr. Mark Pullinger, Chalex Research Ltd., Torquay, UK

Beginn: 1.2.2005

Ende: 31.1.2007 (24 Monate)

Projektkosten: 408.544 €

EU-Förderung: 399.894 €

Homepage: –

Kontakt: –

Das Projekt IMPART sollte ursprünglich Möglichkeiten erarbeiten, die verhindern sollen, dass die Erkenntnisse über die Gesundheits- und Umweltauswirkungen von Nanopartikeln hinter den technologischen Entwicklungen und Fortschritten zurück bleiben (so die Eigenbeschreibung)¹⁶.

IMPART-NANOTOX ist aus einer Zusammenlegung der beiden Ausgangsprojekte IMPART und NANOTOX entstanden, da ihre Aufgabenstellungen als komplementär erachtet wurden. Die entsprechende aktuelle Homepage¹⁷ enthält Informationen über beide Ausgangsprojekte und den aktuellen Projektcluster. Außerdem bietet sie einen Zugang zu einer Literatur-Datenbank zu Gesundheits- und Umweltauswirkungen von Nanopartikeln im Umfang von etwa 350 Einträgen.¹⁸ Eine Homepage zum abgeschlossenen Projekt NANOTOX existiert nicht.

Das Konsortium unter der Koordination der Schweizer TEMAS AG besteht in Phase 2 aus 19 Partnern, darunter auch die Eidgenössische Materialprüfanstalt (EMPA) und der Verein deutscher Ingenieure (VDI).

Die Aufgaben des Projekts sind der regelmäßige Review der neuesten wissenschaftlichen Arbeiten zu Umwelt- und Gesundheitsauswirkungen von Nanopartikeln. Außerdem sollen entsprechende Bemühungen auf nationaler und internationaler Ebene koordiniert werden, um gemeinsame Strategien im Umgang mit der Risikobewertung von NP zu entwickeln und Fördergeber bei der Gestaltung zukünftiger Forschungsprogramme zur Nanotoxikologie zu beraten.

Ende März 2008 hat in Zürich eine Begutachtung in der Mitte der Laufzeit stattgefunden. Das Projekt wird im Herbst 2008 auf allen großen europäischen Konferenzen zum Thema Nanotoxikologie vertreten sein (Nanotox2008, NanoEurope 2008, Eurotox 2008, Nanosafe 2008). Enge Kontakte bestehen zum Nanoforum der Europäischen Kommission¹⁹, SHAPE-RISK, Nanonet²⁰ und NanoTox²¹, einem Online-Forum zur Toxizität von industriell hergestellten Nanomaterialien.

NANOTOX (FP6-Marie Curie Stipendium)²²

Titel: Nanoparticle characterization and toxicity

Leitung: Dr. Kjeld Alstrup Jensen, National Research Centre for the Working Environment, Denmark

Beginn: 1.12.2006²³

Ende: 30.11.2008 (24 Monate)

Projektkosten: 180.134 €

EU-Förderung: 180.134 €

Homepage: –

Kontakt: –

Am dänischen Institut für Arbeitssicherheit gemeinsam mit der Universität Kopenhagen soll der Einfluss der physikochemischen Eigenschaften von Nanopartikeln (Größe, Form, Größe der Oberfläche, Löslichkeit und chemische Zusammensetzung) auf deren Toxizität untersucht werden. Als Versuchsmodell werden menschliche Hautzellen (Epithelzellen) verwendet. Die mögliche Toxizität wird an Hand verschiedener Parameter gemessen, die entzündliche Reaktionen und oxidativen Stress (Produktion freier Radikale, Konzentration entzündungsfördernder Zytokine), aber auch programmierten Zelltod, DNA-Schäden etc. anzeigen.

NANOINTERACT (STReP)

Titel: Development of a platform and toolkit for understanding interactions between nanoparticles and the living world

Leitung: Prof. Kenneth Dawson, University College Dublin, National University of Ireland, Conway Institute of Biomolecular and Biomedical Research

Beginn: 1.1.2007

Ende: 31.12.2009 (36 Monate)

Projektkosten: 4,62 Mill. €

EU-Förderung: 3,3 Mill. €

Homepage: www.nanointeract.net

Kontakt: info@nanointeract.net

NanoInteract ist ein von der Europäischen Kommission gefördertes Projekt, das der Aufklärung der Wechselwirkungen von synthetischen Nanopartikeln mit lebenden Systemen gewidmet ist. Das Projekt besteht aus 9 Partnern aus der akademischen Forschung (darunter einer aus den USA: Rice University), zwei Europäischen Forschungszentren und 6 Industriepartnern (u. a. Intel und l'Oréal).

Im Zentrum steht die Untersuchung und Beschreibung der Interaktionen zwischen Nanopartikeln und lebenden Zellen, beginnend mit dem Eintritt der Partikel in den lebenden Organismus, ihrem Transport, der Art ihrer Aufnahme und Akkumulation in Geweben und Organen und der Klärung der Frage ihrer Wechselwirkung mit der Einzelzelle. Besonders soll der Frage nachgegangen werden, ob und wie synthetische NP in die Zelle eindringen und welche Eigenschaften der NP (Größe, Form, Oberfläche etc.) dieses Verhalten beeinflussen. Insbesondere sollen durch Protokollierung und Standardisierung von Experimenten eine Grundlage für die Reproduzierbarkeit entsprechender Untersuchungsergebnisse geschaffen werden.

Die Homepage bietet eine allgemeine Einführung in die Voraussetzungen und allgemeinen Fragestellungen des Projekts. Nähere Informationen zu Ergebnissen, Profilen der Industriepartner und Kontaktdaten sind nur über eine Nutzerberechtigung zu erhalten.

NANOSH (STReP)

Titel: Inflammatory and genotoxic effects of engineered nanomaterials

Leitung: Prof. Kai Savolainen, Finnish Institute of Occupational Health

Beginn: 1.11.2006

Ende: 31.10.2009 (36 Monate)

Projektkosten: 4 Mill. €

EU-Förderung: 2,4 Mill. €

Homepage:

www.ttl.fi/Internet/partner/Nanosh/

Kontakt: Kai.Savolainen@ttl.fi

Die Hauptziele dieses Projekts sind die Charakterisierung von Nanopartikeln und die Definition und Beschreibung von Belastungsniveaus in Labors und am Arbeitsplatz. Speziell sollen die Gentoxizität, die Immuntoxizität und andere Effekte auf den menschlichen Körper bestimmt werden. Im Rahmen dieses Projekts sollen daher entsprechende Nachweis- und Analysemethoden entwickelt werden.

PARTICLE_RISK (STReP)

Titel: Risk assessment of exposure to particles

Leitung: Dr. Lang Tran, Institute of Occupational Medicine, Quantitative Toxicology, Riccarton, UK

Beginn: 1.6.2005

Ende: 31.5.2008 (36 Monate)

Projektkosten: 1,12 Mill. €

EU-Förderung: 799.576 €

Homepage: www.iom-world.org/research/nanoparticles.php

Kontakt: lang.tran@iom-world.org

Dieses Projekt hat zum Ziel, Methoden zur Bewertung möglicher Gefahren durch neuartige Partikel (i. w. S.) zu entwickeln. Es behandelt daher nicht nur synthetische nanoskalige Partikel, sondern auch größere Partikel und solche, die in Verbrennungsprozessen entstehen („combustion engineered particles“). Einem Teil der Untersuchungen liegt die Annahme zu Grunde, dass nanoskalige Partikel u. a. die Bildung von Arteriosklerose fördern können.

Zunächst soll eine Datenbank erstellt werden, die die charakteristischen Eigenschaften von neuartigen Partikeln beinhaltet (CNT/ carbon nanotubes, Fulleren, quantum dots,

Gold- und Kohlenstoffpartikel etc.). Daneben sollen Methoden entwickelt werden, mit denen NP in lebendem Gewebe nachgewiesen und quantifiziert werden können. In Tierversuchen (Mäuse) und durch In-vitro-Untersuchungen an kultivierten Zellen soll die Toxizität von NP bestimmt werden. In einem weiteren Schritt wird dann in diesem Projekt der Versuch unternommen, aus den gewonnenen Erkenntnissen eine Aussage zum Risiko für den Menschen zu treffen.

NANOSAFE2 (IP)

Titel: Safe production and use of nanomaterials

Leitung: Dr. Frédéric Schuster, Commissariat à l'énergie atomique (CEA), Grenoble, Frankreich

Beginn: 1.4.2005

Ende: 31.3.2009 (48 Monate)

Projektkosten: 12,4 Mill. €

EU-Förderung: 7 Mill. €

Homepage: www.nanosafe.org

Kontakt: frederic.schuster@cea.fr

Das Projekt Nanosafe2 besteht aus 24 Partnern aus Wissenschaft und Industrie, die von der französischen Atomenergiebehörde koordiniert werden. Diese ist auch technischer Koordinator im Projekt SAPHIR (s. d.). Im Wesentlichen werden 2 Ziele verfolgt, nämlich einerseits ein Verfahren zur Risikoanalyse industriell gefertigter Nanopartikel zu entwickeln und andererseits darauf aufbauend ein entsprechendes Risikomanagementsystem für den sicheren Umgang mit NP in der industriellen Produktion abzuleiten. Dafür sollen zunächst bestimmte Referenzpartikel ausgewählt werden.

In das Risiko- und Sicherheitsmanagement sollen Präventivmaßnahmen integriert werden, die mit verschiedenen Interessensvertretern zusammen erarbeitet werden. In weiterer Folge sollen Materialien entwickelt werden, die zur Aus-, Fort- und Weiterbildung genützt werden können.

Im Wesentlichen werden 2 Anlassfälle genauer untersucht: (1) mögliche Explosionen bei Herstellungsprozessen und (2) Auswirkungen von NP auf die menschliche Gesundheit bei chronischer Exposition.

Die Forschungsarbeiten im Rahmen dieses Projekts sollen schließlich zur Entwicklung neuer Detektions- und Charakterisierungstechniken für synthetische Nanopartikel in Luft und flüssigen Medien führen. Weiters

sollen auch toxikologische Untersuchungen zur Identifizierung von Gefahrenpotenzialen und Dosis-Wirkungsbeziehungen durchgeführt werden. Der Schwerpunkt liegt dabei auf Carbon Nanotubes, Carbon Black, Zinkoxid und Siliziumdioxid. Außerdem sollen sichere Produktionstechnologien entwickelt und vorgeführt werden. In einem darüber hinausreichenden Schritt sollen auch gesellschaftsrelevante Aspekte in die Risikobewertung aufgenommen werden und schließlich auch in die Standardisierung und Gesetzgebung einfließen.

Das Projekt publiziert einen Newsletter, der auf der Homepage zugänglich ist. Im Jänner 2008 wurde ein erster sogenannter „Dissemination Report“ veröffentlicht, der eine kurze allgemeinverständliche Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse des Projekts bietet.

NANOTRANSPORT (SSA)

Titel: The behaviour of aerosols released to ambient air from nanoparticle manufacturing – A pre-normative study

Leitung: Dr. Qinglan Wu, Det Norske Veritas AS (DNV), Høvik, Norwegen

Beginn: 1.9.2006

Ende: 29.2.2008 (18 Monate)

Projektkosten: 450.000 €

EU-Förderung: 450.000 €

Homepage:
research.dnv.com/nanotransport/

Kontakt: Qinglan.Wu@dnv.com

Das Projekt NanoTransport beschäftigt sich mit dem Verhalten von Aerosolen in der Umgebungsluft von Arbeitsplätzen von Betrieben, die Nanomaterialien herstellen bzw. verarbeiten. Die Hauptaufgaben bestehen zunächst in der Definition realistischer Testbedingungen hinsichtlich der Charakterisierung der verwendeten Aerosole, die für nanotoxikologische Untersuchungen verwendet werden sollen. Danach sollen entsprechende technische Kontrollsysteme (Feinstaub-Messgeräte, Messgeräte für Emissionen und technische Gase) auf ihre Effizienz getestet und gegebenenfalls kalibriert und zertifiziert werden. Die Ergebnisse dieses Projekts dienen als Grundlage zur Erstellung für Empfehlungen an die Europäische Kommission²⁴. Insbesondere wird erwartet, dass die in diesem Projekt gewonnenen Erkenntnisse zur Entwicklung von standardisierten Test-Aerosolen dienen.

NANOCAP (CA)

Titel: Nanotechnology capacity building NGOs

Leitung: Drs. Jacques Cornelis van Broekhuizen, IVAM UvA BV, Amsterdam, Niederlande

Beginn: 1.9.2006

Ende: 31.8.2009 (36 Monate)

Projektkosten: 1,31 Mill. €

EU-Förderung: 1,31 Mill. €

Österr. Beteiligung: ppm Forschung und Beratung, Linz (Dr. Günther Kittel)

EU-Rückfluss: 70.080 €

Homepage: www.nanocap.eu

Kontakt: pvbroekhuizen@ivam.uva.nl

Österr. Homepage:
www.ppm.at/nanoinfo/

Kontakt in Österreich: nanoinfo@ppm.at

NanoCap ist ein Netzwerk von 16 Partnern. Beteiligt sind neben dem niederländischen Koordinator je fünf Institutionen aus Wissenschaft, Gewerkschaften bzw. gewerkschaftsnahen Einrichtungen und Umwelt-NGOs.

Ziel dieses Projekts ist eine Verbesserung des Verständnisses von Nanotechnologien in Zusammenhang mit Umwelt und Arbeit bei allen beteiligten Akteuren, die Information der Mitglieder von Gewerkschaften, NGOs und der interessierten Öffentlichkeit zu umwelt-, gesundheits- und sicherheitsrelevanten Problemen der Nanotechnologien und die Unterstützung der Gewerkschaften und NGOs bei der Formulierung ihrer politischen Positionen zu diesen Themen. Der Interessenschwerpunkt des österreichischen Partners liegt auf dem Gebiet des Arbeitnehmerschutzes.

Bisher haben drei von vier geplanten Arbeitstagungen des Projektteams stattgefunden. Die vierte Tagung zum Thema „Ethische Fragen und Strategien“ ist für September 2008 geplant. Im April 2009 soll dann eine öffentliche Abschlusskonferenz stattfinden.

SAPHIR (IP)

Dieses Projekt vereinigt mehr als zwanzig Partner unter französischer Führung, wobei die Funktionen getrennt sind. Das Projektmanagement liegt bei der Firma CILAS, einem mittelgroßen französischen Betrieb zur Entwicklung und Herstellung optischer Beschichtungen und nanostrukturierter Oberflächen²⁵ für zivile und militärische Anwendun-

gen. Die technische Koordination hat die französische Atomenenergiebehörde (CEA) übernommen, wodurch das Projekt SAPHIR mit Nanosafe2 verbunden ist.

Das Hauptziel dieses auf vier Jahre anberaumten Projekts liegt in der sicheren und kontrollierten Entwicklung und Herstellung von multifunktionalen nanostrukturierten Hochtechnologie-Produkten, wobei der gesamte Lebenszyklus dieser Produkte betrachtet wird.

Im Oktober 2007 hat eine zweitägige Konferenz mit dem Titel „Innovating industrial processes applied to new materials“ an der kanadischen Sherbrooke University stattgefunden. Teilgenommen haben die Partner aus dem Projekt SAPHIR und 36 kanadische Institutionen aus Industrie und Wissenschaft.

Titel: Controlled production of high tech multifunctional products and their recycling

Leitung: Christophe Goepfert, Compagnie industrielle des lasers (CILAS), Frankreich

Beginn: 1.10.2006

Ende: 30.9.2010 (48 Monate)

Projektkosten: 15,79 Mill. €

EU-Förderung: 8,1 Mill. €

Homepage:
www.saphir-project.eu/index.php?id=48

Kontakt: goepfert@cilas.com

POLYSOA (STReP)

Titel: Polymers in Secondary Organic Aerosols (NEST-2003-2 Insight activities)

Leitung: Urs Baltensperger, Paul Scherrer Institut, Laboratorium für Atmosphärenchemie, Schweiz

Beginn: 1.10.2005

Ende: 30.9.2007 (24 Monate)

Projektkosten: 1,13 Mill. €

EU-Förderung: 795.000 €

Österr. Beteiligung:
Prof. Dr. Hans Puxbaum, Institute for Chemical Technologies and Analytics, Vienna University of Technology

Homepage: polysoa.web.psi.ch

Kontakt: urs.baltensperger@psi.ch

Kontakt in Österreich:
hpuxbaum@mail.zserv.tuwien.ac.at

Im Rahmen dieses Projekts sollen verschiedene analytische Methoden zur Messung von «high molecular weight compounds» in Aerosolen entwickelt und angewendet werden. Damit sollen diese Verbindungen chemisch-physikalisch charakterisiert werden. Obwohl dieses Programm nicht spezifisch auf Nanopartikel Bezug nimmt, könnten diese Methoden Anhaltspunkte für die Messung von Nanopartikeln in der Umgebungsluft liefern. Die Technische Universität Wien ist Partner in diesem Projekt.

CANAPE (IP)

Titel: Carbon Nanotubes for Applications in Electronics, Catalysis, Composites and Nano-Biology

Leitung: John Robertson, University of Cambridge, United Kingdom

Beginn: 1.6.2004

Ende: 31.5.2008 (48 Monate)

Projektkosten: 8,8 Mill. €

EU-Förderung: 6,4 Mill. €

Homepage: www.canapeweb.com

Kontakt: jr@eng.cam.ac.uk

Das Projekt versucht das fundamentale Wissen über Carbonnanotubes (CNT) und deren Anwendungen in verschiedenen Bereichen (Chemie, Elektronik, Verbundwerkstoffe) zusammenzutragen. Ziel ist die Produktion von CNT durch „chemical vapour deposition“ (CVD) in großen Mengen (Tonnen/Jahr).

Im Rahmen des 6. Arbeitspakets „Health“ werden CNT auf ihre Toxizität untersucht. Die Studie versucht dabei herauszufinden, wie die Toxizität von der Länge und vom Durchmesser der CNT abhängt und ob die Toxizität möglicherweise von katalytischen Rückständen abhängt. Weiter soll abgeklärt werden, ob die toxischen Effekte mit standardisierten Tests nach ISO erfasst werden können. Die Bestimmung eines NOEC²⁶ für Nanotubes (ohne weitere Angaben zu Medium, Organismus etc.), die Identifizierung von für die Toxizität kritischen Eigenschaften sowie weitere Fragestellungen zur Toxizität von CNT werden bearbeitet. Zu den anderen Arbeitspaketen werden mit der Begründung der Geheimhaltung keine detaillierten Informationen angegeben. Die Empa ist ein Projektpartner im Arbeitspaket 6 zu etwaigen Gesundheitsauswirkungen der CNT.

Fazit

Die Erforschung der Gesundheits- und Umweltauswirkungen von Nanopartikeln und Nanomaterialien hat ein großes Potenzial, sowohl auf europäischer als auch auf nationaler Ebene, wobei der Schwerpunkt nach wie vor auf humantoxikologischer Forschung liegt. Ökotoxikologische Fragestellungen rücken aber zunehmend in den Vordergrund. Das Engagement österreichischer Institutionen in internationalen Projekten zu sicherheits- und risikorelevanten Fragestellungen ist zu begrüßen und sollte in Zukunft verstärkt werden.

Anmerkungen und Literaturhinweise

¹ COM(2004)338 [ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/nanotechnology/docs/nano_com_de_new.pdf](http://ftp.cordis.europa.eu/pub/nanotechnology/docs/nano_com_de_new.pdf).

² COM(2005)243 [ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/nanotechnology/docs/action_plan_brochure_de.pdf](http://ftp.cordis.europa.eu/pub/nanotechnology/docs/action_plan_brochure_de.pdf).

³ Im Englischen üblicherweise mit dem Akronym EHS (environmental, health and safety issues) bezeichnet.

⁴ European Commission (2008): EU nanotechnology R&D in the field of health and environmental impact of nanoparticles. Compiled by Pilar Aguilar and José Juan Murcia Nicolás, Unit G4 Nano and Converging Sciences and Technologies European Commission, Research DG; 28 January 2008.

⁵ Im ersten Call vom 22. Dezember 2006 gibt es jedenfalls einige unmittelbar relevante Bereiche, u.z. (2) NMP-2007-1.3-1 Specific, easy-to-use portable devices for measurement and analysis, (2) NMP-2007-1.3-2 Risk assessment of engineered nanoparticles on health and the environment; (3) NMP-2007-1.3-3 Scientific review of the data and studies on the potential impact of engineered nanoparticles on health, safety and the environment; (4) NMP-2007-1.3-4 Creation of a critical and commented database on the health, safety and environmental impact of nanoparticles; (5) NMP-2007-1.3-5 Coordination in studying the environmental, safety and health impact of engineered nanoparticles and nanotechnology based materials and products; (6) HEALTH-2007-1.3-4: Alternative testing strategies for the assessment of the toxicological profile of nanoparticles used in medical diagnostics (koordiniert mit NMP-2007-4.1.3-2/4.4-4); (7) von speziellem Interesse ist auch NMP-2007-1.3-2 Risk assessment of engineered nanoparticles on health and the environment.

⁶ Workshop on research projects on the safety of nanomaterials: reviewing the knowledge gaps. Brussels 17-18 April 2008. Draft Agenda. [ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/nanotechnology/docs/agenda_final.pdf](http://ftp.cordis.europa.eu/pub/nanotechnology/docs/agenda_final.pdf).

⁷ cordis.europa.eu/fetch?CALLER=FP7_NEWS&ACTION=D&DOC=1&CAT=NEWS&QUERY=0119e7968c8d:884c:6020b98d&RCN=29419.

⁸ nanotrust.ac.at.

⁹ Specific targeted research project.

¹⁰ Health and Environmental Sciences Institute (HESI) des International Life Science Institute (ILSI) in Washington/DC (www.hesiglobal.org).

¹¹ Coordination action.

¹² Ursprünglich war die Projektleitung bei Chalex Research in Torquay/UK. Im Cordis project fact sheet ist als Projektleiter ein Dr. Mark Pullinger angeführt. Der Link auf der CORDIS-Übersichtsseite (cordis.europa.eu/nanotechnology/src/pressroom_projects_nmp6.htm) führt jedoch bereits auf die Webseite des Projekts IMPART-NANOTOX.

¹³ Es bestehen erhebliche Abweichungen in den Angaben auf der Projekthomepage und dem EU-Datenblatt (CORDIS fact sheet). Das Enddatum ist im EU-project fact sheet mit 31.1.2008 angegeben (Projektlaufzeit wäre demnach 36 Monate), im CORDIS-Bericht allerdings sind 42 Monate angegeben. Im CORDIS fact sheet ist IMPART (= Phase 1 von IMPART-NANOTOX) mit „completed“ gekennzeichnet. Die aktuelle Projekthomepage IMPART-NANOTOX verzeichnet allerdings noch bis in den November 2008 Veranstaltungen, die mit Impart zu tun haben.

¹⁴ Specific support action.

¹⁵ Es gibt keine Hinweise darauf, dass NANOTOX ein separates Projekt ist wie sowohl im CORDIS-Bericht als auch im CORDIS-project fact sheet angegeben ist. Es scheint sich vielmehr um zwei unterschiedliche Projekte mit demselben Akronym zu handeln, nämlich einerseits um eine Marie-Curie-Aktivität der Uni Kopenhagen (lt. CORDIS-Bericht von Jänner 2008, Finanzierungsvolumen etwa 180.000 Euro) und andererseits ein eigenes Projekt der Aktionslinie NMP-2002-3.4.1.5-1 „Roadmaps für nanotechnology“. Als Kontaktperson ist Mark Pullinger von Chalex Research in Torquay/UK angegeben. Eine entsprechende Projekt-Homepage dazu besteht nicht. Auch der Verweis von der Datenbank des Woodrow Wilson Center (nanotechproject.org) ist ein blind link. Chalex Research kommt in Phase 2 des Impart-Nanotox Projekts nicht mehr vor.

¹⁶ „The primary aim of this CA is to prevent knowledge of the health and environmental implications of nanoparticles from lagging behind the technological advances.“

¹⁷ www.impart-nanotox.org.

¹⁸ Erreichbar über www.impart-nanotox.org/database.html bzw. direkt über die Homepage des Koordinators TEMAS (www.temas.ch/Impart/ImpartProj.nsf/fmPubsByType?ReadForm&count=12&lang=en).

- ¹⁹ www.nanoforum.org.
- ²⁰ www.nanonet.org.uk.
- ²¹ www.nanotox.info.
- ²² Laut CORDIS-Bericht vom 28.1.2008.
- ²³ Auf dem entsprechenden CORDIS fact sheet steht allerdings als Anfangsdatum der 18. 10. 2006 und als Enddatum der 17. 10. 2008. Siehe cordis.europa.eu/fetch?CALLER=FP6_PROJ&ACTION=D&DOC=1&CAT=PROJ&QUERY=1194423998403&RCN=83326.
- ²⁴ research.dnv.com/nanotransport/NANOTRANSPORTdownload/Nanotranport%20Recomm%20%20FINAL.pdf.
- ²⁵ www.cilas.com.
- ²⁶ NOEL (NOEC) = No observed effect level (concentration). Der NOEL (NOEC) ist die höchste Dosis (Expositionskonzentration), bei der keine signifikanten Effekte (keine Abweichungen von der biologischen Norm) beobachtet wurden. Es ist die maximale nicht wirksame Dosis. NOEL- (NOEC-)Werte werden aus längerfristigen Prüfverfahren ermittelt. Signifikante Effekte sind Veränderungen, die als Hinweis auf eine Störung der Lebensabläufe zu werten sind wie z. B. leichte, nicht unbedingt toxische Veränderungen des Blutbildes.

IMPRESSUM:

Medieninhaber: Österreichische Akademie der Wissenschaften; Juristische Person öffentlichen Rechts (BGBl 569/1921 idF BGBl I 130/2003); Dr. Ignaz Seipel-Platz 2, A-1010 Wien

Herausgeber: Institut für Technikfolgen-Abschätzung (ITA); Strohgasse 45/5, A-1030 Wien;
www.oeaw.ac.at/ita

Erscheinungsweise: Die NanoTrust-Dossiers erscheinen unregelmäßig und dienen der Veröffentlichung der Forschungsergebnisse des Instituts für Technikfolgen-Abschätzung im Rahmen des Projekts NanoTrust. Die Berichte werden ausschließlich über das Internetportal „epub.oeaw“ der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt: epub.oeaw.ac.at/ita/nanotrust-dossiers/

NanoTrust-Dossier Nr. 005, Mai 2008: epub.oeaw.ac.at/ita/nanotrust-dossiers/dossier005.pdf

ISSN: 1998-7293



Dieses Dossier steht unter der Creative Commons (Namensnennung-NichtKommerziell-KeineBearbeitung 2.0 Österreich) Lizenz: creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.0/at/deed.de