

Porträt des Nationalen Forschungsprogramms (NFP 64)
Chancen und Risiken von Nanomaterialien



2. Auflage

FNSNF

SCHWEIZERISCHER NATIONALFONDS
ZUR FÖRDERUNG DER WISSENSCHAFTLICHEN FORSCHUNG

- 1 **Editorial**
Nanomaterialien: Chancen wahrnehmen – Risiken minimieren
- 3 **Überblick**
Schlüsseltechnologie unter der Lupe
- 5 **Forschung**
Forschungsziele und Programmstruktur
- 9 Projekte Modul Biomedizinische Anwendungen
- 15 Projekte Modul Umwelt
- 19 Projekte Modul Nahrungsmittel
- 20 Projekte Modul Energie
- 22 Projekte Modul Baumaterialien
- 24 **Wissenstransfer**
Vertieftes Wissen ist Grundlage für den Chancen-Risiken-Diskurs
- 26 **Glossar**
Kernbegriffe
- 27 **Ablauf**
Programmdauer
Meilensteine
- 28 **Informationen**
Akteure

Was ist ein NFP?

Die Nationalen Forschungsprogramme (NFP) leisten wissenschaftlich fundierte Beiträge zur Lösung dringender Probleme von nationaler Bedeutung. Sie werden vom Bundesrat beschlossen, dauern vier bis fünf Jahre und sind mit 5 bis 20 Millionen Franken dotiert. Die NFP sind problemorientiert und sie haben eine inter- und transdisziplinäre Ausrichtung. In ihnen sind einzelne Forschungsprojekte und -gruppen im Hinblick auf ein definiertes Gesamtziel hin koordiniert.

Weitere Informationen finden Sie unter www.nfp64.ch
Dort kann auch der elektronische Newsletter bestellt werden.

Nanomaterialien: Chancen wahrnehmen – Risiken minimieren

Das Nationale Forschungsprogramm 64 «Chancen und Risiken von Nanomaterialien» (NFP 64) identifiziert und fördert Bereiche mit Forschungsbedarf, um die wichtigsten Chancen und mögliche Risiken von Produkten auf der Basis künstlicher Nanopartikel besser verstehen zu lernen. Es sollen Forschungsprojekte durchgeführt werden, die einen Beitrag zur Lösung wichtiger Probleme und Fragen rund um diese Partikel leisten. Die im Rahmen dieses Programms durchgeführte Forschung liefert wissenschaftliche Grundlagen für die Formulierung von Empfehlungen und geeigneten Massnahmen bei Herstellung, Gebrauch und Entsorgung von künstlichen Nanopartikeln. Dadurch kann die Gesellschaft von den wissenschaftlichen Fortschritten

aus der Forschung mit auf künstlichen Nanomaterialien basierenden Anwendungen profitieren. Gleichzeitig sollen Konsumenten und Umwelt geschützt werden.

Nanotechnologie – eine der Schlüsseltechnologien des 21. Jahrhunderts – umfasst Design, Charakterisierung, Produktion und Anwendung von Materialien und Systemen, deren Grösse und Form sich im Nanometerbereich befinden. Als Nanoteilchen gelten solche kleinste Teilchen, deren Dimension in mindestens einer Abmessung ≤ 100 Nanometer ist. Diese können aus nanotechnologischen Prozessen entstehen und stellen einen wichtigen Teil der Nanotechnologie dar. Ihre physiko-



Prof. em. Dr. Peter Gehr

chemischen Eigenschaften unterscheiden sich fundamental von grösseren Teilchen gleichen Materials, da ihre Oberfläche relativ zu ihrem Volumen wesentlich grösser ist und die Teilchen dadurch eine höhere chemische Reaktivität besitzen. Zudem können Nanoteilchen in Zwischenräume eindringen, die für grössere Materialien unzugänglich sind. Diese Eigenschaften bieten einerseits neue Nutzungsmöglichkeiten; andererseits könnten synthetische Nanoteilchen dadurch auf bisher noch kaum verstandene Art und Weise schädigend wirken.

Bei den Forschungsprojekten des Programms muss berücksichtigt werden, dass Nanomaterialien mit biologischen Systemen anders interagieren können als Materialien, die aus grösseren Teilchen bestehen. Bestimmend sind dabei in erster Linie die Kleinheit der Nano-

partikel, die damit und mit der relativ grossen Oberfläche zusammenhängende hohe Reaktivität sowie die chemische Zusammensetzung. Zum Studium der biologischen Auswirkungen sind moderne und innovative Methoden sowie neue Modelle erforderlich.

Die 23 Forschungsprojekte des NFP 64 untersuchen Chancen und Risiken, die von Nanomaterialien in den verschiedenen Stadien ihres Lebenszyklus ausgehen können. Es handelt sich hauptsächlich um Projekte, die den Einsatz von Nanomaterialien in der Umwelthanwendung feststellen sowie deren Verhalten, Verbleib und Auswirkungen auf Mensch und Umwelt untersuchen. Aus dem zweistufigen Evaluationsverfahren haben sich Projekte aus Anwendungen in Medizin, Umwelt, Nahrungsmitteln, Energie und Baumaterialien herauskristallisiert.

Die Schweiz nimmt in der Forschung auf dem Gebiet der Nanowissenschaften und Nanomaterialien einen führenden Platz ein. Mit dem NFP 64 soll diese Position gestärkt werden, um Vorteile für die schweizerische Wirtschaft und Industrie sowie den Arbeitsmarkt zu erzielen. Die Führungsrolle der Schweiz im Bereich der Risikobewertung und in Bezug auf behördliche Regulierungen soll damit erhalten bleiben. Darum werden in den verschiedenen Projekten des NFP 64 – wie dies für den Forschungsplatz Schweiz Usus ist – die Fragestellungen in vernetzter Art und Weise und mit modernen Methoden angegangen, um getreu dem Programmtitel Chancen wahrzunehmen und Risiken zu minimieren.



Prof. em. Dr. Peter Gehr

Präsident der Leitungsgruppe des NFP 64, Universität Bern

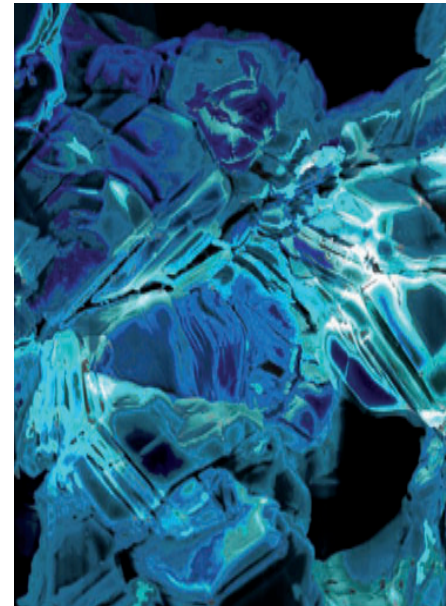
Schlüsseltechnologie unter der Lupe

Auf Nanopartikeln basiert eine der Schlüsseltechnologien für das 21. Jahrhundert. Immer kleinere Strukturen gewinnen immer grössere Bedeutung – technologisch wie wirtschaftlich betrachtet – und sie revolutionieren viele Anwendungen von der Industrie bis zur Medizin. Neben dem riesigen Potenzial können Herstellung, Nutzung und Entsorgung von Nanomaterialien aber auch Gefahren für Mensch und Umwelt bergen. Das NFP 64 nimmt die Chancen und Risiken von Nanomaterialien unter die Lupe und schafft wichtige Grundlagen für einen gewinnbringenden und sicheren Umgang.

Kleinste Roboter, die Medikamente direkt und somit nebenwirkungsfrei zum erkrankten Gewebe bringen, oder Implantate – so leicht wie Kunststoff und doch hart wie Stahl – könnten die Medizin in naher Zukunft grundlegend verändern. Der Stoff, aus dem diese Träume sind, ist winzig klein. Doch ruhen auf ihm weltweit riesige Hoffnungen.

Klein, kleiner, am kleinsten

Der Sammelbegriff «Nanotechnologie» befasst sich mit Teilchen und Strukturen, die kleiner sind als der zehntausendste Teil eines Millimeters. Das ist weniger als ein Achthundertstel eines Haardurchmessers. Oder anders gesagt: Stellt man sich einen Fussball im Verhältnis zur Erdkugel vor, so ist ein Nanoteilchen nochmals ähnlich klein im Verhältnis zum Fussball.



Nano ist überall

Die Winzlinge öffnen Türen für eine breite Palette von Anwendungen: in der Medizin, der Energie- und Umwelttechnik, für die Speicherung von Daten, in der chemischen Industrie, bei der Herstellung neuer Materialien, im Nahrungsmittel- und Konsumgüterbereich, etc. Dies macht die Nanotechnologie zu einer echten Querschnittstechnologie und zum vielversprechenden Hoffnungsträger für alle Bereiche des Lebens. Zahlreiche Stoffe, beispielsweise Metalle, Metalloxide, Kohlenstoffmodifikationen und Farbpigmente, können Strukturen im Nanometerbereich aufweisen. In der Weiterverarbeitung verleihen sie Materialien oft veränderte – meist wesentlich verbesserte – Eigenschaften wie Kratzfestigkeit oder Farbtiefe. So ermöglichen sie die Entwicklung intelligenter und leistungsfähiger Produktinnovationen, wie sie im NFP 62

«Intelligente Materialien» untersucht werden. Auf Nanomaterialien basierende Technologien versprechen besonders wichtige Verbesserungen in den Bereichen Gesundheit und Umweltschutz.

Verantwortungsvolle Risikoforschung

Wo Licht ist, ist auch Schatten. Neben dem Potenzial dürfen auch die Risiken der neuen Technologien nicht ausser Acht gelassen werden. Trotz schneller Fortschritte in der Entwicklung von Nanomaterialien und immer mehr erhältlichen Produkten auf Nanobasis ist erst sehr wenig über die Auswirkungen einer Exposition von Mensch und Umwelt bekannt. Denn verglichen mit der Erforschung von Anwendungen wurde bislang wenig in die Risikoforschung investiert. Zur Schliessung dieser Wissenslücke trägt nun das NFP 64

«Chancen und Risiken von Nanomaterialien» bei, um die wichtigsten Opportunitäten zu identifizieren sowie mögliche Gefahren für Mensch und Umwelt besser einzuschätzen.

Einsatzgebiete

Sektoren	Produktgruppen
Automobilbau	ultraglatte Oberflächen
Automobiltechnik	Lacke
Bauwesen	ultradünne Schichten
Chemie	Halbleiter
Elektronik	Laser
Energietechnik	Speicher
Informationstechnik	Keramiken
Maschinen- und Anlagebau	Flüssigkeiten
Medizin	Polymere
Mess- und Regeltechnik	Wirkstoffe
Optik	Solar- und Brennstoffzellen
Pharmazie	Ultrapräzisionsmaschinen
Umwelt/Lebensmitteltechnik	Rastersondensysteme
Werkzeugtechnik	Rasterelektronenmikroskope

Forschungsziele

Das NFP 64 soll Chancen erkennen helfen, die aus dem Gebrauch von Nanomaterialien für die menschliche Gesundheit, die Umwelt und natürliche Ressourcen entstehen. Gleichzeitig soll es mögliche Risiken aufzeigen, die Nanomaterialien für dieselben Bereiche darstellen.

Konkret möchte das NFP 64

- Kenntnisse über künstliche Nanomaterialien, ihre Entwicklung, ihren Einsatz, ihr Verhalten und ihr Risiko wissenschaftlich erforschen
- Methoden und Werkzeuge entwickeln, mit denen das Verhalten von Nanomaterialien und ihre potenziellen Auswirkungen auf Mensch und Umwelt überwacht werden können
- Werkzeuge entwickeln, welche die Vorteile von Nanomaterialien maximieren und die Risiken für Mensch und Umwelt minimieren
- die Entwicklung und Anwendung sicherer und effektiver, auf Nanomaterialien basierender Technologien unterstützen
- Entscheidungsträgern, inklusive Herstellern, Vertreibern und Konsumenten, Informationen zur Ausarbeitung von Bestimmungen und Arbeitspraktiken bereitstellen
- die in der Schweiz vorhandenen Fachkenntnisse und -kompetenzen bei der Entwicklung innovativer Nanomaterialien und bei der Risikobeurteilung verbessern und vertiefen

Programmstruktur

Das NFP 64 verfügt über einen Finanzrahmen von CHF 12 Millionen. Die 23 bewilligten Projekte stammen von Forschungsgruppen aus Bern, Fribourg, Lausanne, St. Gallen und Zürich und können in die Forschungsmodule Biomedizinische Anwendungen, Umwelt, Nahrungsmittel, Energie und Baumaterialien eingeteilt werden. Übergreifende Themen in den Forschungsprojekten sind die Langzeitwirkung sowie Fragen der Toxikokinetik und der Organtoxizität.

Modul Biomedizinische Anwendungen

Das biomedizinische Modul befasst sich mit den möglichen Auswirkungen des Einsatzes von Nanomaterialien auf die Gesundheit. Denn im biologisch-medizinischen Bereich können neue Nanomaterialien zu zukunftsweisenden Entwicklungen im Bereich neuer Medikamente, Untersuchungsmethoden und medizinischer Geräte führen. Synthetische

Arzneimittel auf Nanopartikelbasis ermöglichen neue Generationen von multifunktionalen Medikamenten. Sie kombinieren die Eigenschaften konventioneller Wirkstoffe mit denen von Diagnose- und Behandlungsgeräten. Der Ansatz dabei ist, kleine Mengen aktiver Wirkstoffe gezielt an gewünschte Orte im Körper zu transportieren und damit grössere Behandlungseffekte ohne Nebenwirkungen zu erzielen. Ein

weiteres Anwendungsfeld sind Implantate oder Knochenersatzmaterialien, die dank Nanopartikeln mit optimierten mechanischen oder immunologischen Eigenschaften ausgestattet werden können. In diesem Zusammenhang können Nanopartikel in den Körper gelangen, dort verbleiben oder durch Wechselwirkungen freigesetzt werden, was neben den erwünschten auch unbeabsichtigte Wirkungen auslösen kann. In den neun Projekten des biomedizinischen Moduls müssen neben Toxizitätstests auch innovative Ansätze für eine Risikobewertung erarbeitet werden.

Modul Umwelt

Die sieben Projekte im Modul Umweltforschung evaluieren die Auswirkungen von Nanopartikeln auf Umwelt und ökologische Systeme. Nanopartikel können

in Wasser, Luft und Boden gelangen, ob absichtlich – beispielsweise beim Einsatz als Pflanzenschutzmittel in der Landwirtschaft – oder unerwünscht – wie im Herstellungs-, Gebrauchs- oder Entsorgungsprozess. Obwohl Partikel von Nanometergrösse in der Umwelt auch natürlich vorkommen, können die ökologischen Auswirkungen freigesetzter synthetischer Nanomaterialien noch nicht mit abschliessender Gewissheit bewertet werden. Die Umwandlung von Nanomaterialien im Laufe ihres Lebenszyklus, einschliesslich ihres Auf- und Abbaus, sowie ihre Wechselwirkungen mit anderen Stoffen in der Umwelt machen es schwierig, die potenziellen Auswirkungen zu bewerten und zu steuern. Hier soll dieses Modul zu mehr Klarheit führen.

Modul Nahrungsmittel

Die optimale Versorgung einer wachsenden Bevölkerung mit Nahrungsmitteln, die ausreichend, erschwinglich, attraktiv, gesund und sicher sind, wird ganz wesentlich von der Entwicklung und dem Einsatz neuer Technologien abhängen. Synthetische Nanomaterialien können Produktivität steigern, Nahrungsmittelsicherheit verbessern, Haltbarkeit verlängern, den Nährwert erhöhen und das Aussehen von Nahrungsmitteln verbessern. Wenn synthetische Nanomaterialien aber einen weitverbreiteten, nachhaltigen Einsatz in Nahrungsmitteln finden sollen, gilt es wichtige wissenschaftliche Barrieren und Wahrnehmungsmuster in Bezug auf die Sicherheit zu überwinden. So ist z. B. über die Auswirkungen von verbesserten Dosisleistungen, die auf Nahrungsmittelkomponenten von Nanogrösse zurückzu-

führen sind, wenig bekannt. Das gleiche gilt für den biologischen Transport von Materialien, die mit technisch hergestellten Nanopartikeln beschichtet wurden. Es ist unklar, ob die aktuellen Kontrollen mögliche Auswirkungen auf die Gesundheit auf geeignete Weise einschätzen können, wenn synthetische Nanomaterialien in die Verarbeitung oder Verpackung von Nahrungsmitteln einbezogen oder als Nahrungsmittelzusätze verwendet werden. Auch bei der Synthese von konventionellen Inhaltsstoffen auf Nanogrösse ist nur wenig darüber bekannt, wie sich das Risikoprofil dadurch eventuell ändert und wie ein sicherer Gebrauch gewährleistet werden kann.

Modul Energie

Zur Neige gehende natürliche Energiequellen, Klimaerwärmung und Zwischenfälle in Atomkraftwerken tragen dazu bei, dass das Thema Energie Schlagzeilen macht. Bei vielen Energieanwendungen spielen Nanomaterialien eine wichtige Rolle. Die Anwendungen sind sehr verschieden und zielen darauf ab, Energie effizienter umzuwandeln, zu speichern und zu transportieren. Beispiele dafür sind effizientere Heiz- und Kühlsysteme, eine verbesserte Lichttechnologie und bessere Batterien und Kondensatoren, welche die Kapazität, Lebensdauer und Grösse von Batterien optimieren könnten. Innovationen im Bereich Energie haben grosses Potenzial, da sie die Ausbeutung natürlicher Ressourcen stoppen und gleichzeitig die immer grösser werdende Nachfrage nach Energie decken können. Doch die

Grundvoraussetzung für die Entwicklung und Vermarktung solcher Nanoprodukte ist ein vertieftes Verständnis von den Eigenschaften der Nanomaterialien über die gesamte Lebensdauer eines Produkts im Hinblick auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt.

Modul Baumaterialien

Durch die Verwendung von Nanomaterialien könnten sich die Architektur, die Bauindustrie sowie der Unterhalt von Infrastrukturen und Haushaltsarbeiten radikal verändern. Beispielsweise könnte durch die Integration von Nanokomponenten in Baumaterialien deren Fluidität, Flexibilität, Stärke und Lebensdauer verbessert werden. Nanomaterialien könnten zudem verwendet werden, um die Korrosions-, Kratz- und Wasserfestigkeit von Beschichtungen sowie deren

Schmutz-, Geruchs- und Fotoresistenz zu erhöhen und um ihre isolierenden und selbstreinigenden Eigenschaften sowie ihre Filtereigenschaften zu verbessern. Wie in anderen Anwendungsbereichen sollte die Verwendung von Nanomaterialien auch zu einer besseren Nutzung natürlicher Ressourcen und zu Energieersparnissen führen, was letztlich die Lebensqualität auf der ganzen Welt positiv beeinflussen würde. Im Vorfeld einer breiten Nutzung von Nanomaterialien müssen allerdings deren potenziellen Risiken für die menschliche Gesundheit und für die Umwelt unter die Lupe genommen werden.

Projekte Biomedizinische Anwendungen

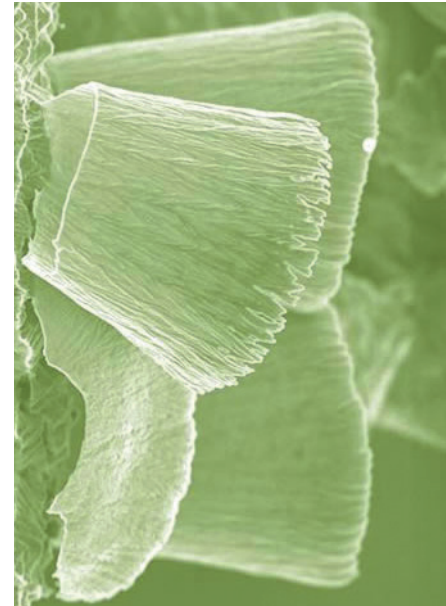
Kohlenstoff-beschichtete Nanomagnete:

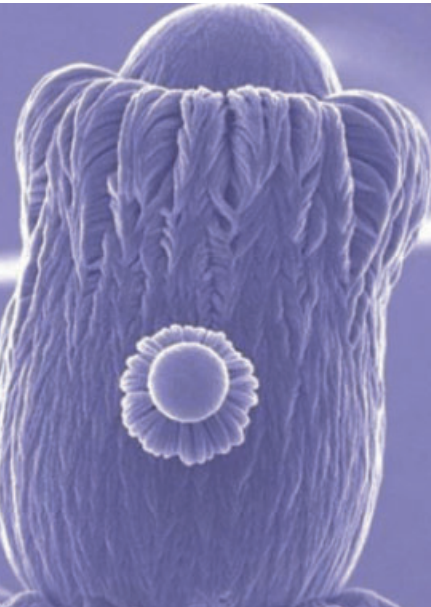
Der in vivo Lebenszyklus

Prof. Dr. med. Beatrice Beck Schimmer
Institut für Anästhesiologie,
UniversitätsSpital Zürich

Kohlenstoff-beschichtete Nanomagnete binden Moleküle und damit auch Medikamente besonders effektiv auf ihrer Oberfläche. Dass sie zudem magnetisch steuerbar sind, könnte in Zukunft genutzt werden, um Wirkstoffe an spezifische Stellen des Körpers zu transportieren. Das Forschungsteam untersucht an Zell- und in vivo Modellen, wie gut sich Kohlenstoff-beschichtete Nanomagnete im Gewebe steuern lassen, wie viele Partikel dabei im Blut zurück bleiben und

inwieweit Medikamente und Entzündungsmediatoren mittels magnetischer Separation wieder aus dem Blut eliminiert werden können. Da die möglichen Gefahren im Umgang mit Kohlenstoff-beschichteten Nanomagneten im Körper erst rudimentär bekannt sind, werden auch ihre Kompatibilität, Interaktion, Akkumulation und Toxizität in Zellen von Gefäß-Systemen und Organen – beispielsweise in Endothel-, Blut-, und Leberzellen – analysiert.





Neuartige Nanopartikel für die effiziente und sichere Medikamentenzufuhr

Prof. Dr. Francesco Stellacci
Supramolecular Nanomaterials and
Interfaces Laboratory, EPF Lausanne
(in Zusammenarbeit mit MIT Cambridge und
Ann Arbor Michigan, USA / IIT Lecce, Italien)

Viren können genetisches Material gezielt zu bestimmten Zellen transportieren, um deren Funktion zu beeinflussen. Diese Mechanismen versucht die moderne Nanomedizin zu imitieren und beispielsweise für die Behandlung von Krebs zu nutzen.

Es werden synthetische, virus-analoge Partikel entwickelt, die Medikamente oder genetisches Material präzise und möglichst risikoarm zu bestimmten Zellen transportieren können und dabei schwere immun- oder zytotoxische

Reaktionen vermeiden. Dazu werden metallische Nanopartikel mit organischem Molekülmantel hergestellt, welche die Wirkstoffe durch die Zellmembran führen, ohne diese zu verletzen. Die Ergebnisse dokumentieren und erweitern das theoretische und praktische Wissen über die Mechanismen der Zellpenetration sowie über biokompatible Nano-Vehikel, die gezielt Regionen im lebenden Organismus erreichen.

Nanopartikel-Transport durch die menschliche Plazenta

Dr. Peter Wick
Materials Biology Interaction, Empa St. Gallen

Der Mensch ist seit jeher einer Vielzahl von Partikeln ausgesetzt – mit der Nanotechnologie kommen neue synthetische

hinzu, deren Auswirkungen noch unbekannt sind. In den letzten Jahren wurden Bedenken laut, dass während der Schwangerschaft aufgenommene Nanopartikel, z. B. Luftschadstoffe, gesundheitliche Auswirkungen auf den Fötus haben könnten. Heute ist bekannt, dass Partikel bis zu einer Grösse von 200 – 300 nm Durchmesser in der menschlichen Plazenta vom mütterlichen ins kindliche Blut gelangen können. Unklar ist jedoch, wie diese Partikel durch die Plazenta-Gewebeschanke gelangen und welche Auswirkungen sie auf das ungeborene Kind haben. Das Projekt geht dem Mechanismus des Partikeltransports mit einem Plazentamodell auf den Grund und erforscht auch mögliche Auswirkungen auf das Plazentagewebe. Auf dieser Grundlage können neue Therapiestrategien für eine zielgerichtete Medikamentenverabreichung während der

Schwangerschaft entstehen, ohne dass Mutter und Kind gleichzeitig therapiert werden, wenn nicht beide eine Behandlung benötigen.

Risikoanalyse inhalierter Nanopartikel mit in vitro Technologie

Prof. Dr. Marianne Geiser Kamber
Institut für Anatomie,
Universität Bern

Die Inhalation von künstlichen Nanopartikeln aus Pudern, Dispersionen oder Sprays, wie sie in der industriellen Verarbeitung und bei der Verwendung von Konsumgütern auftritt, birgt Risiken. Menschen mit chronischen Lungenerkrankungen, Kinder und ältere Personen sind empfindlicher und potenziell stärker gefährdet.

Das Forschungsteam untersucht die gesundheitlichen Auswirkungen inhalierter Nanopartikel auf gesunde und kranke Lungengewebe. Dabei wird ein neu entwickeltes realitätsnahes und portables Testsystem mit Zellkulturen eingesetzt, das die Lungenoberfläche simuliert und die Beobachtung entzündlicher Mechanismen und Verläufe erlaubt. Das vielseitige System kann für verschiedene Partikelarten und Zellkulturen aus verschiedenen Partikelquellen eingesetzt werden und erlaubt realistische in vitro Toxizitätsprüfungen.

Nachweis und Verbleib von Nanopartikeln in der Lunge und erwartete biologische Effekte

PD Dr. Michael Riediker
Institut für Arbeit und Gesundheit,
Universität Lausanne

Für die Abschätzung des Risikos von Nanomaterialien wird genaueres Wissen über die Aufnahme von Nanopartikeln in der Lunge und den Verbleib im Körper benötigt. Wegen ihrer Kleinheit sind Nanopartikel fähig, sich im Körper zu verteilen. Wegen ihrer grossen Oberfläche sind die Oberflächeneigenschaften der Partikel sehr wichtig für deren gesundheitlichen Risiken. Es wird angenommen, dass eingeatmete und in der Lunge abgelagerte Nanopartikel in der Oberflächenflüssigkeit der Lungenbläschen suspendiert werden und von dort in den Blutkreislauf gelangen. Eine weitere

Hypothese besagt, dass reaktive Partikel in der Oberflächenflüssigkeit oxydativen Stress verursachen und die entsprechenden Marker in Blut und Urin erhöhen. Diese Hypothesen werden getestet, indem Freiwillige Nanopartikel inhalieren und die Deposition der Partikel quantifiziert wird. Anschliessend werden Proben von Ausatemungsluft, Blut und Urin analysiert. Zu Vergleichszwecken wird dabei jede Person drei verschiedene Dosen einatmen: gefilterte Luft, eine mittlere und eine hohe Dosis. Die in diesem Projekt erarbeiteten Daten verschaffen die Grundlage für eine bessere Risikoanalyse von gesundheitlichen Folgen eingeatmeter Nanopartikel.

Nanopartikel aus abbaubaren Implantaten: Verteilung und Wirkung im Hirngewebe

Prof. Dr. Martin Frenz
Institut für angewandte Physik,
Universität Bern

Nanopartikel werden zunehmend in Diagnosetechniken, als Transporter pharmazeutischer Wirkstoffe oder in biokompatiblen Gefäss-Implantaten eingesetzt. Sie können, falls sie ins Blut gelangen, ins Gehirn transportiert werden, über die Blut-Hirn-Schranke in das Hirngewebe gelangen und dort in Zellen eindringen. Treten Nanopartikel mit Zellen in Wechselwirkung, können sie in diesen oxidativen Stress verursachen oder Abläufe der Proteinsynthese verändern. Die Forschungsgruppe will zeigen, wie sich Nanopartikel via Blutkreislauf im Organismus verteilen, und untersuchen, ob sie im Gehirn uner-

wünschte zelluläre Reaktionen auslösen. Weiter werden Wechselwirkungen synthetisch hergestellter Nanopartikel in Zellen und Organellen analysiert sowie mit optischen und elektronenmikroskopischen Methoden die Verteilung der Nanopartikel in den Zellen ermittelt. Schliesslich soll mittels markierter Partikel die Verteilung im Gesamtorganismus nachgewiesen werden.

Nanomedikamente für chronisch-entzündliche Darmerkrankungen

Dr. Caroline Maake
Anatomisches Institut, Universität Zürich

Die aktuellen Behandlungen chronisch-entzündlicher Darmerkrankungen, wie beispielsweise Morbus Crohn, sind oft nicht ausreichend wirksam oder haben

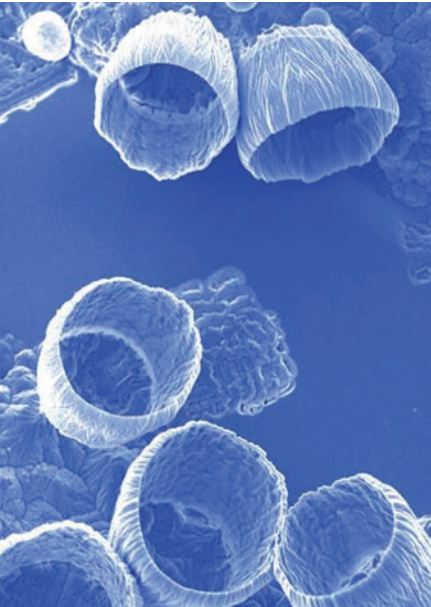
schwerwiegende Nebenwirkungen. Das Forschungsteam untersucht zusammen mit Basiswissenschaftlern, Ärzten und Fachleuten für Qualitätssicherung im Labor, ob die unerwünschten Nebenwirkungen etablierter Medikamente ausgeschaltet werden können, wenn sich ihre Wirkung gezielt auf die erkrankte Darmregion konzentriert und andere Körperregionen verschont. Hierfür werden die Medikamente in hoher Konzentration in neu entwickelte, abbaubare Nanopartikel verpackt, die erst vor Ort auf die erkrankte Darmwand einwirken. Das Projekt verbindet innovative Entwicklungen aus der Nanotechnologie mit erprobten klinischen Therapiekonzepten und soll so die Grundlagen schaffen, um die Lebensqualität von Betroffenen zu verbessern.

Mit biomimetischen Nanofasern verstärkte Knochenersatzmaterialien

Dr. Reto Luginbuehl
RMS Foundation Bettlach

Nanofasern können Knochenersatzmaterialien verstärken und ihnen knochenähnliche, mechanische Eigenschaften verleihen. Dies eröffnet neue chirurgische Möglichkeiten mit Platten, Schrauben und Zementen. Obwohl Nanofasern in dieser Hinsicht grosses Potenzial zuerkannt wird, sind die biologischen Auswirkungen auf Zellen, Gewebe und Organe bisher wenig geklärt.

In diesem Projekt werden resorbierbare Nanofasern, basierend auf Kalziumphosphaten, sowie die Zell- und Gewebereaktion gegen diese Fasern entwickelt. Dazu werden synthetische



Nano-Kompositmaterialien hergestellt, getestet und deren biologische Auswirkungen in Zell- und Tiermodellen charakterisiert. Die Komposite mit den besten Eigenschaften werden vertieft untersucht im Hinblick auf entzündliche Prozesse, Knochenheilung, Osseointegration und speziell auf die Verteilung der Nanofasern im Organismus.

Biomedizinische Nanopartikel als Immunmodulatoren

Prof. Barbara Rothen-Rutishauser
Adolphe Merkle Institut, Universität Freiburg

Lungenallergien wie das allergische Bronchialasthma nehmen weltweit stetig zu. Da Nanopartikel sowohl stimulierend als auch suppressiv auf das Immunsystem wirken können, sind sie für die

klinische Diagnostik und die Behandlung von Allergien interessant. Sie eignen sich besonders für die Applikation von Medikamenten oder Impfstoffen.

Ziel dieses Projekts ist es, immunmodulatorische Effekte therapeutischer Nanopartikel in der Lunge zu untersuchen. Dazu werden spezifisch entwickelte Nanopartikel in Zellkultursystemen (in vitro) und Allergie-Mausmodellen (in vivo) eingesetzt. Untersucht werden deren Einfluss auf die angeborene und erworbene Immunität sowie eine mögliche Nano-Immuntoxizität in der Lunge. Die Erkenntnisse dieses multidisziplinären Ansatzes tragen dazu bei, neue therapeutische Applikationen für Lungenerkrankungen zu entwickeln und mögliche negative Auswirkungen therapeutischer Nanopartikel zu erforschen.

Projekte Umwelt

Modellierung von Nanomaterialien in der Umwelt

PD Dr. Bernd Nowack
Abteilung Technologie und Gesellschaft,
Empa St. Gallen

Nanomaterialien sind bereits in vielen Konsumprodukten enthalten und können von dort in die Umwelt gelangen. Es existieren jedoch noch keine etablierten Methoden, um Spurenkonzentrationen von Nanomaterialien in Umweltproben zu bestimmen. Die Forschungsgruppe zielt darauf, dank der Beschreibung der Materialflüsse und dem Umweltverhalten von Nanomaterialien aktuelle und künftige Umweltbelastungen abschätzen zu können.

Basierend auf den Informationen über Herstellung und Verwendung von Nanomaterialien wird hochgerechnet, welche Anwendungsformen welche Mengen freisetzen. In einem weiteren Schritt wird modelliert, wie sich die Materialien in Wasser, Sedimenten, Böden und Luft verhalten. Die Ergebnisse geben Anhaltspunkte über die Konzentrationen von Nanomaterialien in den verschiedenen Umweltbereichen. Ergänzt mit Daten aus ökotoxikologischen Studien kann so eruiert werden, ob gewisse Nanomaterialien ein Risiko für die Umwelt darstellen.

Effekte von Silber-Nanopartikeln auf die Nahrungsketten und Umweltprozesse

Dr. Renata Behra
Umwelttoxikologie, Eawag Dübendorf

Nanosilber gehört zu den Materialien, die gegenwärtig am häufigsten in kommerziellen und medizinischen Produkten eingesetzt werden. Ihre keimtötende Wirkung ist in vielen Anwendungen nützlich, birgt aber auch potenzielle Umweltrisiken. Besonders gefährdet sind von Mikroorganismen dominierte Ökosysteme.

Das Forschungsteam untersucht in diesem Projekt die Effekte von Nanosilber auf das Zersettersystem in Laubstreu und autotrophen Biofilmen unter Wasser. Die Mikroorganismen beider Systeme produzieren eine beträchtliche Menge an Biomasse, die innerhalb der Nahrungs-

kette an das Ökosystem weitergegeben wird. Die Studienresultate über die ökologischen Effekte von Nanosilber dienen auch als Basis für Regulierungsmassnahmen und damit für dessen verantwortungsvollen Einsatz.

Verhalten von Silber-Nanopartikeln in Kläranlagen

Dr. Ralf Kaegi

Verfahrenstechnik, Eawag Dübendorf

Nanosilber wird zunehmend als Biozid in verschiedensten Anwendungen eingesetzt. Über die Kanalisation gelangen Silber-Nanopartikel in die Kläranlagen, welche bei deren Verbreitung eine Schlüsselrolle spielen. In diesem Projekt werden die physikalischen und chemischen Veränderungen von Nanosilber

während verschiedener Klärstufen untersucht. Je nach physikalisch-chemischen Eigenschaften kann das Nanosilber die Kläranlage passieren und so in Oberflächengewässer gelangen. Wird es in den Klärschlamm eingearbeitet, gelangt es bei dessen Wiederverwendung in den Boden. Von besonderem Interesse ist dabei, wie sich Partikelgrösse und Oberflächenbeschaffenheit auf den Rückhalt in der Kläranlage auswirken. Die Resultate dienen der Entwicklung von Nanomaterialien mit möglichst geringem Umwelteinfluss.

Nicht-invasive Messung der Interaktion zwischen Nanopartikeln und aquatischen Mikroorganismen

Prof. Dr. Olivier Martin

Labor für Nanophotonik und Metrologie,
EPF Lausanne

Inwieweit freigesetzte Nanopartikel für die Umwelt toxisch sind, ist nur lückenhaft erforscht und teilweise umstritten. Auch fehlen bislang Instrumente zur Messung von Umweltrisiken, insbesondere bei Mikroorganismen im Wasser. Bekannt ist jedoch, dass sich die Wirkung von Nanopartikeln auf einzellige Wasserorganismen wie Algen oder Bakterien am oxidativen Stress ablesen lässt.

Ziel dieses multidisziplinären Projekts ist die Entwicklung einer Biosensor-Plattform, die in Echtzeit und parallel mehrere Biomarker für oxidativen Stress

messen kann. Das Prinzip basiert auf der Messung der Dunkelfeld-Absorptionsspektren des Cytochrom C-Proteins mittels plasmonischen Nanoantennen. Die Plattform ermöglicht es, die Wirkungen synthetisch hergestellter Nanopartikel auf Mikroorganismen im Wasser auf eine nicht-invasive Weise zu messen, was zu einem vertieften Verständnis ökotoxischer Prozesse führt.

Interaktion metallischer Nanopartikel mit aquatischen Organismen

Prof. Dr. Kristin Schirmer

Umwelttoxikologie, Eawag Dübendorf

Um den Effekt von Nanopartikeln auf die Wasserwelt besser zu verstehen, erforscht das Projekt unter der Leitung von Kristin Schirmer die Wechselwirkungen metalli-

scher Nanopartikel mit Wasserorganismen. Mit einem spezifischen Fokus auf autotrophe Algen- und heterotrophe Fischzellen suchen die Forschenden ein besseres Verständnis über die Aufnahme, Eliminierung, Transformation und Wechselwirkung mit biologischen Systemen. Mit diesem Wissen wird ein Leitfaden entwickelt, um das Design metallischer Nanopartikel zu optimieren. Die Ergebnisse bilden eine Grundlage für die Risikoabschätzung und die Regulierung von Produktion, Nutzung und Entsorgung von Nanomaterialien.



Effekte von Nanopartikeln auf Bodenmikroorganismen und Nutzpflanzen

Dr. Thomas Bucheli, Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Zürich

Nanopartikel in Pflanzenschutzmitteln und Düngern versprechen einen effizienteren und umweltschonenderen Einsatz von Hilfsstoffen sowie gesteigerte Erträge. Das Forschungsteam untersucht die Risiken von Nanopartikeln in der landwirtschaftlichen Anwendung. Speziell analysiert wird die Anreicherung von Nanopartikeln im Boden, in Mikroorganismen und in Nutzpflanzen, um zu verstehen, ob sie die Zusammensetzung und ökologische Leistung symbiotischer Bodenmikroorganismen beeinträchtigt. Im Fokus stehen die Stickstoff-Fixierung und Phosphor-Aufnahme. Die Experimente mit Nutzpflanzen (Weizen und Klee) und Mikroorganismen (Bakterien

und Pilzen) werden in Systemen aufsteigender Komplexität durchgeführt: Von Labor-Reinkulturen über Topfversuche mit sterilen Böden bis zu Lysimetern mit realen Böden. Die Studie liefert ökotoxikologisch relevante Informationen über Exposition und Effekte von Nanopartikeln als Grundlage für eine umfassende Risikobeurteilung.

Biologischer Abbau und Transformation von Kohlenstoff-Nanomaterialien

Dr. Hans-Peter Kohler
Umweltmikrobiologie, Eawag Dübendorf

Das Forschungsteam der Eawag will das Umweltverhalten von Kohlenstoff-Nanomaterialien, wie z.B. Fullerenen und Kohlenstoff-Nanoröhrchen, untersuchen. Bereits heute kommen in einzelnen

Ländern Fullerene im Kläranlagenauslauf vor, ihr biogeochemischer Abbauprozess wurde bisher aber wissenschaftlich noch kaum erforscht.

Untersucht wird konkret, ob es enzymatische, zelluläre oder mikrobielle Systeme gibt, die fähig sind, Nanomaterialien aus Kohlenstoff abzubauen oder zu verändern, und welche Metaboliten dabei allenfalls entstehen. Die Ergebnisse bilden eine Grundlage zur Risikobeurteilung und dienen auch für die Gesetzgebung und behördliche Empfehlungen im Hinblick auf die künftige Zulassung und Verwendung solcher Materialien. Dabei wird zudem biotechnologisches Wissen erworben, wie funktionalisierte Kohlenstoff-Nanomaterialien entwickelt werden können, was den Zugang zum neuen Forschungsgebiet der supramolekularen Nanosysteme eröffnet.

Projekte Nahrungsmittel

In vitro-Test zur Risikoabschätzung von Nanopartikeln in Lebensmitteln

Prof. Dr. Hanspeter Nägeli
Institut für Veterinärpharmakologie
und –toxikologie, Universität Zürich

Die vermehrte Anwendung von Nanotechnologien führt auch zu absichtlicher oder unbeabsichtigter Beimengung von verschiedensten Nanopartikeln in Lebensmitteln. Das Immunsystem des Darmes nimmt eine Schlüsselrolle bei der Wechselwirkung unseres Körpers mit Bestandteilen von Lebensmitteln ein, denn eine Fehlreaktion im Darm kann schwere Entzündungen hervorrufen oder Erkrankungen wie Morbus Crohn, Colitis ulcerosa oder Typ 1

Diabetes auslösen. Im Rahmen dieses Projektes wird ein in vitro-Testsystem entwickelt, um Nanopartikel auf ihre Reaktionsfähigkeit mit dem Abwehrsystem des Darmes zu prüfen. Ein solches Prüfsystem ist für die sichere und nachhaltige Entwicklung von Nanotechnologien in der Lebensmittelindustrie unabdingbar.

Nanostrukturierte Eisenverbindungen in Lebensmitteln: Absorptionswege und potenzielle Toxizität im Magen-Darm-Trakt

Prof. Dr. Michael Bruce Zimmermann
Institut für Lebensmittelwissenschaften,
Ernährung und Gesundheit, ETH Zürich

Der menschliche Körper kann Eisen aus nanostrukturierten Eisenverbindungen gut und schnell aufnehmen und verwerten. Zudem zeigen diese nur eine geringe Reaktivität in Lebensmitteln. Daher könnten sich solche nanostrukturierten Verbindungen für die Anreicherung von Lebensmitteln mit dem Spurenelement Eisen eignen.

Ziel des Projektes ist es zu verstehen, wie Eisen aus nanostrukturierten Verbindungen im Magen-Darm-Trakt aufgenommen wird. Zusätzlich wird die

Toxizität dieser Verbindungen untersucht. Diverse Studien haben die Aufnahme und Toxizität von Nanopartikeln in der Lunge untersucht, über die Aufnahme im Magen-Darm-Trakt ist jedoch noch wenig bekannt. Im Projekt werden der Aufnahmeweg und die Toxizität in vitro und in vivo abgeklärt. Diese Abklärungen sollen aufzeigen, ob der Einsatz von nanostrukturierten Verbindungen in Lebensmitteln möglich ist und ob gesundheitliche Risiken bestehen oder nicht.

Projekte Energie

Chancen und Risiken von nanoskaligen Elektrodenmaterialien für Lithium-Ionen-Batterien

Prof. Dr. Katharina M. Fromm
Departement für Chemie,
Universität Freiburg

Bei Lithium-Ionen-Batterien im Bereich Fahrzeuge und andere grosse Maschinen besteht ein grosser Entwicklungsbedarf. Die Reichweite und Energiedichte solcher Batterien muss verbessert werden, wozu neue – zum Beispiel nanoskalige – Materialien beitragen. Im Moment ist der Energieverbrauch bei deren Herstellung noch sehr hoch.

Das Forschungsprojekt möchte durch neue Synthesewege die Energie zur Herstellung von Elektrodenmaterialien senken und gleichzeitig zu Nanopartikeln gelangen, welche die Eigenschaften bisheriger Elektroden verbessern. Zudem sollen Nanomaterialien entwickelt werden, um neue Anwendungsfelder zu erschliessen. Eng damit verbunden sind Untersuchungen zu Risiken bei Herstellung und Recycling sowie ein Life Cycle Assessment, im Bestreben eine Umwelt- und Energiebilanz zu erstellen. Das Projekt leistet einen Beitrag zur Produktion von leistungsstarken wie auch umweltfreundlichen und biokompatiblen Lithium-Ionen-Batterien.

Sicherheit von Nanomaterialien in grossformatigen Lithium-Ionen-Akkumulatoren

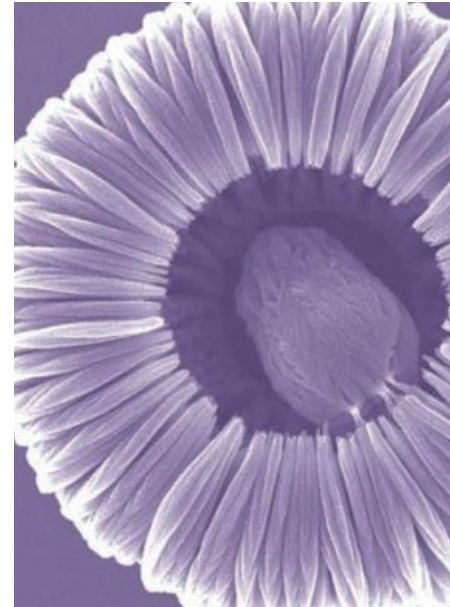
Prof. Dr. Vanessa Wood

Institut für Integrierte Systeme, ETH Zürich

Lithium-Ionen-Akkumulatoren werden immer wichtiger für einen umweltverträglichen Energie-Einsatz. Sie weisen eine sehr hohe Energiedichte auf und werden zum Beispiel in Elektroautos verwendet. Viele elektrochemisch aktive Nanomaterialien versprechen mit ihrer vergrösserten Oberfläche eine bessere Energiespeicherung.

Das Forschungsprojekt entwickelt Techniken, um die Risiken neuartiger Nanomaterialien für grossformatige Lithium-Ionen-Akkumulatoren besser verstehen und beurteilen zu können. Deren breite Installation wird in Zukunft entscheidend sein für die effiziente Einspeisung

alternativer Energien in intelligente Stromnetze. Die Forschenden entwickeln eine Plattform, um die Stabilität der neuartigen Nanomaterialien zu testen. Dabei wollen sie auch die grundlegenden physikalischen und chemischen Mechanismen verstehen lernen, die zu Versagen und Ausfällen führen können. Die Ergebnisse sollen Informationen liefern, um die Hersteller bei der Konzeption und Entwicklung von sicheren Hochleistungs-Batteriezellen zu unterstützen.



Projekte Baumaterialien

Evaluationsplattform für Sicherheits- und Umweltrisiken von mit Kohlenstoff-Nanoröhrchen verstärkten Kompositen

Prof. Dr. Jing Wang

Funktionspolymere, Empa Dübendorf

Dank ihren speziellen mechanischen und elektrischen Eigenschaften eröffnen mit Kohlenstoff-Nanoröhrchen verstärkte Komposite neue Anwendungen für die Industrie. Sie sind im industriellen Massstab herstellbar und bereits heute auf dem Markt erhältlich. Das Gefahrenpotenzial dieser Materialien bei Forschung, Fabrikation, Anwendung und Entsorgung ist jedoch noch ungeklärt. In interdisziplinärer Zusammenarbeit entwickelt das Projekt eine Methode, um

Nanopartikel-Emissionen während der Herstellung und Benutzung sowie im Fall eines Materialbruchs zu simulieren und die Risiken für Mensch und Umwelt einzuschätzen. Zusätzlich soll das Messverfahren eine allgemeingültige Vorgehensweise zur Ermittlung von Gesundheitsrisiken von Nanokompositen begründen.

Zellulose Nanokomposite als neue Konstruktionswerkstoffe

Prof. Dr. Christoph Weder

Adolphe Merkle Institut, Universität Freiburg

Die Bauindustrie setzt vermehrt auf Hochleistungs-Nahrungskomposite aus

synthetischen Kunststoffen und Zellulose-Nanofasern, die aus nachwachsenden Rohstoffen gewonnen werden. Das Forschungsprojekt verfolgt die Entwicklung dieser Materialien, die auf zwei neuen Designansätzen basieren: Einerseits Leichtbaumaterialien, deren mechanische Eigenschaften mit Stahl vergleichbar sind, andererseits poröse Nanokomposite als ökologische Alternative zu konventionellen Isolations-schäumen. Parallel dazu wird ein kürzlich etabliertes in vitro Zellmodell aus Epithelzellen der menschlichen Lunge dazu verwendet, die mögliche Toxizität von Zellulose-Nanofasern zu beurteilen und mögliche Risiken über den gesamten Lebenszyklus der angestrebten Materialien hinweg zu bewerten. Da weltweit ein hohes Interesse an Konstruktionswerkstoffen aus Zellulose-Nanokompositen besteht und die Kommerzialisierung

solcher Materialien bevorsteht, werden die Resultate dieses Projekts von hoher praktischer Bedeutung sein.

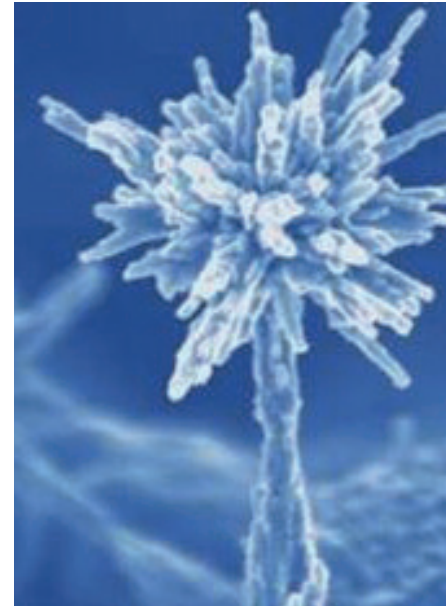
**Beurteilung der Wirksamkeit
und Umweltrisiken von
Kupfer-nanobasierten Holzschutzmitteln**

Dr. Peter Wick

Materials Biology Interaction, Empa St. Gallen

Der Einsatz von Kupfer-Nano-Formulierungen in Bioziden kann den Holzschutz verbessern. Allerdings nehmen kupfertolerante Pilze während der Holzersetzung von imprägniertem Holz Kupfer auf und entlassen mittels Sporen möglicherweise Nanopartikel in die Umwelt. Diese können wiederum über die Atmung in den menschlichen Körper gelangen.

Das Forschungsprojekt will in Erfahrung bringen, wie biologisch wirksam die Kupfer-Nano-Formulierung MicroPro gegenüber dem konventionellen Kupfer-basierten Holzschutzmittel ACQ ist und wie Kupfer-Nanopartikel im Holz von *Picea abies* und *Abies alba* je nach Partikelgrösse verteilt und aufgenommen werden. Ausserdem soll erforscht werden, ob kupfertolerante Pilze Kupfer-Nanopartikel aufnehmen und mittels Sporen in die Umwelt entlassen und wie hoch die Freisetzungsrate ist. Dadurch können die Konsequenzen des tonnenweisen Einsatzes von Kupfer-Nanopartikeln für die Umwelt besser verstanden werden.



Vertieftes Wissen ist Grundlage für den Chancen-Risiken-Diskurs

Beim Wissenstransfer gilt es, die Forschenden untereinander zu vernetzen: Mit einem Kick-off Meeting und jährlichen wissenschaftlichen Treffen werden der Austausch neuer Daten aus den Projekten gewährleistet und gegenseitige Kontakte ermöglicht.

Gerade auf dem Gebiet der Nanomaterialien ist es zudem wichtig, den internationalen Kontext zu verfolgen und den Informationsfluss zu fördern. Auf nationaler Ebene gilt es, die Vernetzung mit dem Aktionsplan und dem Vorsorgeraster Synthetische Nanomaterialien des BAG zu gewährleisten. Die Forschungsgruppen werden vom Leiter Wissenstransfer unterstützt, ihre Resultate an Konferenzen und im Austausch mit anderen Forschungsprogrammen gewinnbringend zu kommunizieren.

Zusammenarbeit mit Forschenden

Um die Forschenden und auch den Forschungsnachwuchs optimal zu fördern, wird das NFP 64 2012 und 2014 je ein Interdisciplinary Training for Young Scientists anbieten. Die Teilnehmenden erhalten dort Gelegenheit, sich und ihre Arbeitsschwerpunkte vorzustellen, aber auch neue Arbeitstechniken und Tools zu erlernen, die für ihre Forschungstätigkeit nützlich sind. Zudem wird bei regelmäßigen Site Visits mit den Leitenden der Forschungsgruppen diskutiert,

welche Projektinhalte und Ergebnisse von besonderem öffentlichem Interesse sein könnten und wie sie kommuniziert werden sollen. In der Schlussphase des Programms finden Symposien statt, an denen die Forschenden ihre Arbeiten und Resultate präsentieren und sich mit interessierten Organisationen, Gruppen, Behörden, der Industrie und auch Einzelpersonen vernetzen können. Die dabei entstehenden politischen und öffentlichen Diskussionen sind konkrete Ergebnisse des Praxistransfers.

Issues Management

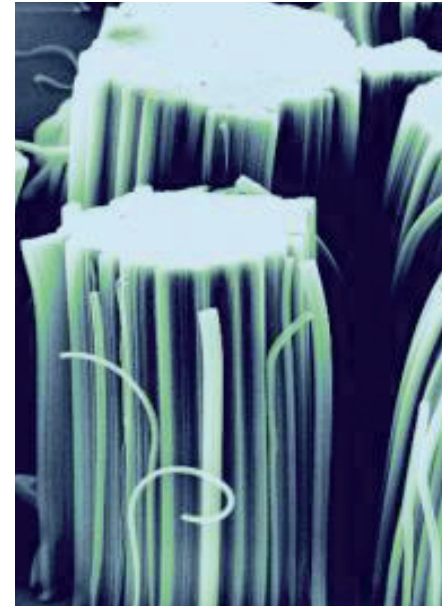
Das öffentliche Interesse am Themenfeld der Nanomaterialien widerspiegelt dessen höchste gesellschaftliche Relevanz. Besonders deutlich zeigt sich dies in der aktiven medialen Debatte rund um die Chancen und Risiken des Einsatzes, die zeitweise heftig aufflackert. Um Verände-

rungen in der öffentlichen Wahrnehmung möglichst früh zu erfassen und auf aufkommende kritische Themen adäquat reagieren zu können, hat das NFP 64 ein Issues Management System entwickelt, das die wichtigsten Themenbereiche systematisch überwacht. In Zusammenarbeit mit den verschiedenen Akteuren werden die wichtigsten Issues diskutiert und bei Bedarf entsprechende Kommunikationsmassnahmen entwickelt.

Regulierungsbedarf

Die Resultate der Forschungsprojekte bilden einerseits die Basis für Regulierungen durch die öffentliche Hand und für Richtlinien bei der Herstellung von auf Nanomaterialien basierenden Produkten in der Industrie. Wichtig ist dabei, nicht nur die Herstellungsphase, sondern den gesamten Lebenszyklus der Produkte im Auge zu behalten.

Solange die staatlichen Regulierungen noch in Ausarbeitung sind, muss sich die Industrie eine gewisse Selbstregulierung auferlegen, indem sie eine Risikenabschätzung für die eigenen Produktionsbereiche vornimmt. Im steten Austausch mit den verschiedenen Zielgruppen auf behördlicher, politischer und industrieller Ebene wird darauf hingewiesen, dass beim Einsatz innovativer Nanomaterialien Vorsicht geboten ist, solange nicht alle Auswirkungen bekannt sind. Die regulatorischen Anstrengungen wie auch die Verbesserung der Kenntnisse der Bevölkerung über die Chancen und Risiken von Nanomaterialien in verschiedenen Bereichen dienen dazu, den Konsumenten grösstmögliche Gewissheit über die Sicherheit von auf Nanomaterialien basierenden Produkten zu vermitteln.



Kernbegriffe

Autotroph Bezeichnung für die Ernährungsweise von Organismen, die zum Aufbau ihrer Körpersubstanz nur anorganische Stoffe brauchen. Autotrophe Organismen sind grüne Pflanzen, Algen und einige Bakterien.

Biomimetisch Biologische Strukturen oder Prozesse nachahmend.

Biozid Wirkstoff, der dazu dient, auf chemischem oder biologischem Wege Schädlinge wie Motten, Ratten, Pilze etc. zu zerstören, abzuschrecken oder unschädlich zu machen.

Endothelzellen Zum Hohlraum hin gerichtete Zellen der innersten Wandschicht von Lymph- und Blutgefässen.

Epithelzellen Ein- oder mehrlagige Zellschichten, die fast alle inneren und äusseren Körperoberflächen von Menschen und Tiere bedecken, z. B. die Haut.

Fullerene Kugelförmige Moleküle aus Kohlenstoffatomen, 1985 zum ersten Mal hergestellt. Fullerene werden heute u.a. in der Sportartikelherstellung verwendet. Sie ermöglichen eine leichtere und stabilere Bauweise.

Heterotroph Bezeichnung für die Ernährungsweise von Organismen, die zum Aufbau ihrer Körpersubstanz Kohlenstoff aus vorhandenen organischen Verbindungen brauchen. Heterotrophe Organismen sind: Mensch, Tier, Pilze und die meisten Bakterien.

Immunotoxisch Das Immunsystem vergiftend, schädigend.

Kohlenstoff-Nanoröhrchen (CNT) «Verlängerte» Fullerene, also zu Zylindern gerollte, in Sechsecken angeordnete Kohlenstoffatome. Kohlenstoff-Nanoröhrchen besitzen eine etwa 50-fach höhere Zugfestigkeit als Stahl bei wesentlich kleinerem Gewicht. Sie können isolierend, halbleitend oder metallisch leitend sein.

Life Cycle Assessment Eine systematische Analyse der Umweltwirkungen von Produkten während des gesamten Lebensweges.

Metaboliten Bezeichnung für alle Produkte, die im biologischen Stoffwechsel auftauchen.

Nanokomposite (NCM) Verbindung mehrerer Werkstoffe, die unter anderem Teilchen oder Strukturen im Nanometerbereich enthalten. Ziel dieser Verbindung ist die Verbesserung der Materialeigenschaften.

Nanometer (nm) Längenangabe, bezeichnet den milliardsten Teil eines Meters (10^{-9} Meter) und entspricht ca. 5 bis 15 Atomen nebeneinander.

Nanopartikel (NP) Kleinste Teilchen mit einer Abmessung von 100 Nanometern oder darunter. Nanopartikel weisen gegenüber grösseren Teilchen gleichen Materials andere chemische und physikalische Eigenschaften auf: Ihre Oberfläche ist relativ zu ihrem Volumen wesentlich grösser, wodurch sie eine höhere Reaktivität besitzen. Es gibt natürliche und künstlich hergestellte Nanopartikel.

Organell Von einer Membran umgebener Bestandteil einer Zelle, dem spezifische Funktionen innerhalb der Zelle zukommen, z.B. Mitochondrien.

Oxidativer Stress Zustand, in dem innerhalb der Zelle das Gleichgewicht zwischen reaktionsfreudigen Molekülen, sogenannten freien Sauerstoffradikalen, und den zellulären Abwehrmechanismen gestört ist. Oxidativer Stress schädigt die Zelle, was zu Fehlfunktionen und schliesslich deren Tod führt.

Reaktivität Fähigkeit eines Stoffes, eine chemische Reaktion einzugehen.

Toxizität Giftigkeit.

Translokation Verlagerungsprozess (Ortsveränderung).

Zytotoxisch zellvergiftend, zellschädigend.

Programmdauer

Die Forschungsprojekte des NFP 64 laufen über eine Dauer von fünf Jahren bis Ende 2015. Die Schlussberichte werden im 2016 vorliegen und im Rahmen von Veranstaltungen präsentiert werden.

Meilensteine

Dezember 2010	Beginn der Forschung
März 2011	Kick-off Meeting für Forschende
März 2012	Erstes Progress Report Meeting
Juli 2012	Beginn der neuen Forschungsprojekte (Second Call)
Herbst 2012	Interdisciplinary Training for Young Scientists NFP 64 und NFP 62
März 2013	Zweites Progress Report Meeting
Dezember 2013	Beginn Fortsetzungsprojekte
Herbst 2014	Interdisciplinary Training for Young Scientists
Ende 2015	Ende der Forschungsarbeiten
2016	Abschlussarbeiten, Veranstaltungen und Veröffentlichung, Schlussberichte

Akteure

Leitungsgruppe

Prof. em. Dr. Peter Gehr
Institut für Anatomie,
Medizinische Fakultät,
Universität Bern, CH
(Präsident)

Prof. Dr. Vicki Stone
School of Life Sciences,
Edinburgh Napier University,
Edinburgh, UK

Prof. Dr. Ueli Aebi
M.E. Müller Institute for
Structural Biology,
Biozentrum,
Universität Basel, CH

Prof. Dr. Heinrich Hofmann
Powder Technology
Laboratory, Institute of
Material Science,
EPF Lausanne, CH

Prof. Dr. Patrick Hunziker
Cardiology, Department of
Internal Medicine,
Kantonsspital Basel, CH

Prof. Dr. Andrew Maynard
Woodrow Wilson
International Center for
Scholars, Washington DC,
USA

Prof. Dr. Wolfgang Parak
Fachbereich Physik,
Philipps-Universität
Marburg, D

Prof. Dr. Anders Baun
NanoDTU, Department of
Environmental
Engineering, Technical
University of Denmark, DK

Forschungsratsdelegierter

Prof. Dr. Frank Scheffold
Departement Physik,
Universität Freiburg

Bundesbeobachter
Dr. Christoph Studer
Bundesamt für Gesundheit
BAG, Bern, CH

Programmkoordinatorin

Marjory Hunt
Schweizerischer National-
fonds SNF
Wildhainweg 3
CH-3001 Bern
Tel +41 (0)31 308 22 22
Email nfp64@snf.ch

Leiter Wissenstransfer/ Medienkontakt

Mark Bächer
Life Science
Communication AG
Reitergasse 11
CH-8021 Zürich
Tel +41 (0)43 266 88 50
Email
mark.baecher@lscom.ch

Der Schweizerische Nationalfonds

Der Schweizerische Nationalfonds (SNF) ist die wichtigste Schweizer Institution zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung. Im Auftrag des Bundes fördert der SNF die Grundlagenforschung in allen wissenschaftlichen Disziplinen, von Philosophie über Biologie und Medizin bis zu den Nanowissenschaften.

Im Zentrum seiner Tätigkeit steht die wissenschaftliche Begutachtung von Forschungsprojekten. Er unterstützt jährlich fast 3000 Projekte mit 700 Millionen Franken, an denen rund 7000 Forschende beteiligt sind.

Weitere Exemplare dieser Broschüre

können bezogen werden unter:

Schweizerischer Nationalfonds
zur Förderung der wissenschaftlichen
Forschung

Wildhainweg 3

Postfach 8232

CH-3001 Bern

Tel. +41 (0)31 308 22 22

Fax +41 (0)31 305 29 70

Email nfp64@snf.ch

www.snf.ch

www.nfp64.ch

November 2012 – Zweite Auflage

Herausgeber

Nationales Forschungsprogramm NFP 64

Schweizerischer Nationalfonds zur Förderung
der wissenschaftlichen Forschung

Wildhainweg 3

Postfach 8232

CH-3001 Bern

Redaktion

Life Science Communication AG, Zürich

Grafik

Karin Schiesser, Zürich

Doris Grüniger, Zürich

Fotos

Titelseite, Gold-Polymer Nanorods

Keystone Photo Researchers NSF/Science Source

Seite 3, Power

Copyright Cris Orfescu, Los Angeles, CA

www.crisorfescu.com

Seite 9, 10, 14, 17, 21, 23, Nanoflowers

Copyright Ghim Wei Ho and Prof Mark Welland

University of Cambridge Nanoscale Science Laboratory

Seite 25, Towers

Copyright www.nanoscience.ch

Das NFP 64 in Kürze

Das NFP 64 ist ein Programm zur Erforschung von Chancen und Risiken von Nanomaterialien. Es verfügt über einen Finanzrahmen von zwölf Millionen Schweizer Franken und dauert bis Oktober 2016. Beteiligt sind 23 Forschungsgruppen aus der ganzen Schweiz.

Ziele des NFP 64

- Kenntnisse über künstliche Nanomaterialien, ihre Entwicklung, ihren Einsatz, ihr Verhalten und ihr Risiko wissenschaftlich erforschen
- Methoden und Werkzeuge entwickeln, um das Verhalten von Nanomaterialien und ihre potenziellen Auswirkungen auf Mensch und Umwelt zu überwachen
- Werkzeuge erarbeiten, welche die Vorteile von Nanomaterialien maximieren und die Risiken für Mensch und Umwelt minimieren
- Entwicklung und Anwendung sicherer und effektiver, auf Nanomaterialien basierender Technologien unterstützen
- Entscheidungsträgern, der Industrie und den Konsumenten Informationen zur Ausarbeitung von Bestimmungen und Arbeitspraktiken bereitstellen
- In der Schweiz vorhandene Fachkenntnisse bei der Entwicklung innovativer Nanomaterialien und bei der Risikobeurteilung vertiefen.