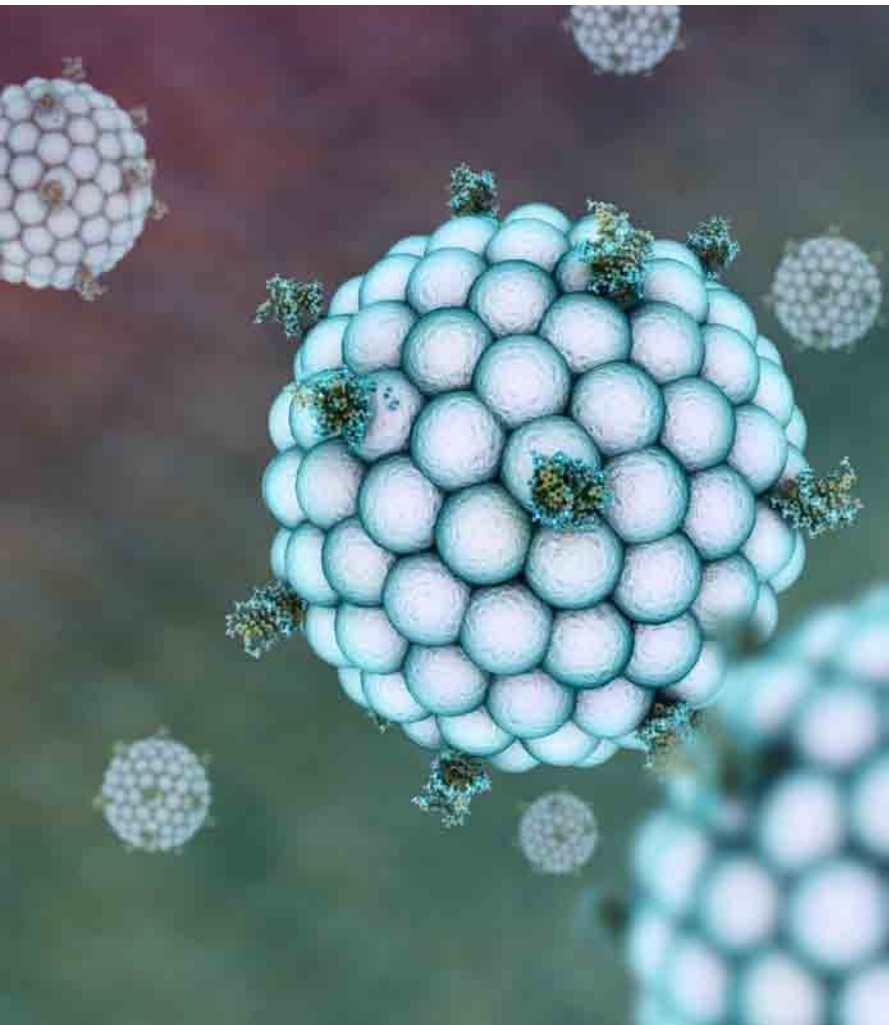




lebensministerium.at

# Österreichischer Aktionsplan Nanotechnologie



## **Impressum**

### Redaktionsteam:

Dr. Thomas Jakl (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft),

Dr. Stefan Hanslik (Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung),

Mag. Simone Mühlegger (Umweltbundesamt),

Mag. Alexander Pogany (Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie),

Mag. Reinhild Pürgy (Bundesministerium für Arbeit, Soziales und Konsumentenschutz),

Dr. Marko Sušnik (Wirtschaftskammer Österreich),

Dr. Alexander Zilberszac (Bundesministerium für Gesundheit),

unter Beteiligung der in Anhang 1 genannten Institutionen

### Prozessmanagement, redaktionelle Bearbeitung:

Mag. Ing. Renate Paumann (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft),

Mag. Alice Schmatzberger (science-art)

Fotos: Cover Science Photo Library/picturedesk.com

**ISBN Nr. 3-902338-87-3**

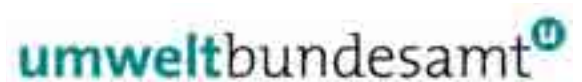
Wien, Dezember 2009



lebensministerium.at



# Österreichischer Aktionsplan Nanotechnologie





## ZUSAMMENFASSUNG

Das Regierungsprogramm für die XXIV Gesetzgebungsperiode nimmt an zwei Stellen Bezug auf die Ausarbeitung eines Österreichischen Aktionsplans Nanotechnologie: Im Kapitel „Effiziente Ressourcennutzung / Abfall“ wird betont, dass „den Chancen und Risiken der Nanotechnologie durch die Ausarbeitung und die Umsetzung eines österreichischen Aktionsplans entsprochen werden soll, wobei der Risikoforschung ein angemessener Platz eingeräumt wird“. Im Kapitel „Konsumentenschutz / Verbrauchergesundheit“ wird darauf hingewiesen, dass „ein österreichischer Aktionsplan für Nanotechnologien Risiken und Chancen insbesondere von nanotechnologischen Verfahren und von Nanomaterialien erforschen sowie Anwendungsbereiche und eine nationale Umsetzungsstrategie für diese Schlüsseltechnologie erarbeitet werden soll“.

Diese Forderungen gehen Hand in Hand mit anderen wichtigen Handlungsfeldern des Regierungsprogramms, insbesondere in den Kapiteln „Gemeinsam für Österreich“, „Standortpolitik und Arbeitsplätze“ sowie „Forschung, Technologie und Innovation“. Ebenso hat die Europäische Kommission eine entsprechende Mitteilung mit dem Titel „Nanowissenschaften und Nanotechnologien: Aktionsplan für Europa 2005-2009“ veröffentlicht, die derzeit in Zusammenarbeit mit den Mitgliedstaaten revidiert wird.

Der Bereich Nanotechnologie stellt mit Sicherheit eine sehr komplexe und vielschichtige Thematik dar. Nanotechnologie gilt als Schlüsseltechnologie des 21. Jahrhunderts. Von dieser werden Impulse für innovative Entwicklungen in den verschiedensten technologischen Bereichen und gesellschaftlichen Anwendungsfeldern erwartet. Einsatzmöglichkeiten der Nanotechnologie sind vielfältig und reichen von der Elektronik- und Fahrzeugtechnologie bis hin zu Konsumprodukten und Umwelttechnologie. Auch Österreich hat einen Schwerpunkt in diesem Technologiebereich gesetzt. Es wird davon ausgegangen, dass Österreich vor allem in den Bereichen Sensorik, Elektronik, Materialwissenschaften, bei chemischen Produkten (wie beispielsweise Lacken) sowie in der Umwelttechnik besondere Stärken und Potenziale aufweist.

Um langfristig und nachhaltig von den Chancen der Nanotechnologie profitieren zu können, ist eine sachliche und transparente Diskussion der Sicherheit nanotechnologischer Anwendungen eine wesentliche Bedingung. Aus diesem Grund wird einhellig empfohlen, auch der Beleuchtung möglicher Gesundheits- und Umweltrisiken der Nanotechnologie breiten Raum zu geben.

Wie können nun die Chancen der Nanotechnologie für Österreich, beispielsweise für die Umwelt- und Energietechnik, für neue ressourcenschonende Produkte oder für Klein- und Mittelbetriebe bestmöglich genutzt werden? Was kann Österreich dazu beitragen, um die Sicherheit nanotechnologischer Anwendungen zu gewährleisten? Diesen zentralen Fragen widmet sich der nunmehr vorliegende Österreichische Aktionsplan Nanotechnologie.

Das Kernstück des Aktionsplans bilden rund 50 Empfehlungen für spezifische, österreichische Maßnahmen auf nationaler, europäischer und internationaler Ebene. Diese wurden im Konsens zwischen den involvierten Akteuren/innen verabschiedet und werden bis spätestens Ende 2012 umgesetzt. In diesem Zusammenhang wird im Verlauf des ersten Halbjahres 2012 ein Monitoringprozess gestartet. Die weitere Konkretisierung der Maßnahmen wird - ebenso wie eine Schärfung der gesetzten Prioritäten - Bestandteil dieses Prozesses sein.

Als zentral wird die Entwicklung eines politisch-strategischen Gesamtkonzepts für den Umgang mit Nanotechnologie bzw. Nanomaterialien in Österreich gesehen. Damit wird einerseits dem zunehmenden Koordinationsbedürfnis der diversen österreichischen Aktivitäten in diesem Bereich Rechnung getragen, andererseits der notwendige

Ressourceneinsatz effizient gebündelt bzw. aufeinander abgestimmt. Der österreichische Aktionsplan Nanotechnologie stellt einen Ausgangspunkt sowie Impulsgeber für ein derartiges Konzept dar. Die FTI - Strategie (Forschungs-, Technologie- und Innovationsstrategie) der Bundesregierung wird dadurch nicht determiniert.

Allfällige finanzielle Auswirkungen, die sich aus dem Aktionsplan ableiten lassen können, sind aus den Untergliederungen der zuständigen Ressorts unter Einhaltung der Bundesfinanzrahmengesetz-Obergrenzen zu bedecken.

Die Umsetzung einzelner Maßnahmen mit finanziellen Auswirkungen geschieht unter Einhaltung der haushaltsrechtlichen Vorschriften.

Ein zentrales Maßnahmenbündel des Aktionsplans widmet sich der **Weiterentwicklung der Zusammenarbeit sowie Verstärkung des Dialogs und der Transparenz** zwischen allen Akteuren/innen inklusive Öffentlichkeit. Dieses inkludiert das Herunterbrechen wissenschaftlicher Erkenntnisse, inklusive zur Frage der Definition von Nanotechnologie, auf eine allgemein verständliche Sprache sowie eine verstärkte Kooperation mit Medien. Dabei sollen soweit möglich bereits bestehende Strukturen und Beispiele der Guten Praxis genutzt werden. Insbesondere wird durch die Schaffung einer Österreichischen **Nanotechnologie- Informations-Plattform (NIP)** Wissen unterschiedlichster Expert/innen zusammengeführt, somit Synergien genutzt und andererseits sachliches, qualitätsvolles und zielgruppenorientiertes Wissen für alle Akteur/innen inklusive Öffentlichkeit generiert.

Die **rechtlichen Rahmenbedingungen**, insbesondere im Hinblick auf die Sicherung eines hohen Schutzniveaus für die Umwelt und die menschliche Gesundheit, sind zu überprüfen und nötigenfalls weiter zu entwickeln. Der österreichische Aktionsplan gibt dementsprechend auch Leitlinien der österreichischen Position zur Berücksichtigung auf europäischer und internationaler Ebene vor.

Ein Bündel von Maßnahmen zielt auf die Stärkung **Österreichs als High-Tech-Standort** ab. Dazu zählen Maßnahmen mit dem Ziel einer weiteren Zusammenführung von Forschung und Wirtschaft, der Intensivierung der internationalen Zusammenarbeit, Stärkung der Grundlagenforschung als Basis für anwendungsorientierte Forschung, verstärkte Integration technischer Aspekte in die schulische Ausbildung sowie das Durchleuchten der Rahmenbedingungen im Bereich Patentrecht. Ebenfalls breiten Raum nehmen Maßnahmen mit dem Ziel der Erleichterung von Finanzierungen sowie Erhöhung der Anreize für Investitionen und Forschungstätigkeit ein. Diese Maßnahmen haben auch für die österreichischen **Klein- und Mittelbetriebe** eine wesentliche Bedeutung.

Der **Schließung von Wissenslücken** im Bereich der Sicherheitsbewertung der Nanotechnologie ist ein weiteres breites Handlungsfeld gewidmet. Empfehlungen für Maßnahmen umfassen die Bündelung von Ressourcen zur Bewertung von möglichen Gesundheits- und Umweltrisiken (**EHS-Programm**). Die Herausforderung für Österreich besteht darin, die notwendige Expertise im eigenen Forschungssystem aufzubauen. In diesem Zusammenhang wird anerkannt, dass die Zusammenarbeit und Abstimmung im europäischen und internationalen Kontext zu forcieren ist, da kein Land alleine die gesamte Breite der EHS-Forschung im Umgang mit Nanotechnologie abdecken kann. Ergänzend dazu stehen erste konkrete Beispiele für möglichen Forschungsbedarf, die einzelne Akteure/innen für ihren spezifischen Bereich identifiziert haben. Ein anderer Schwerpunkt ist die stetige Stärkung der Wissensbasis zentraler Akteure/innen im Arbeitnehmer/innenschutz, womit Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz beim Umgang mit Nanomaterialien gewährleistet werden soll.

Die Entstehung des Österreichischen Aktionsplan Nanotechnologie ist ein exzellentes Beispiel dafür, wie Akteure/innen unterschiedlicher Erwartungshaltungen und Interessenslagen

gemeinsam Maßnahmen für einen sehr komplexen Themenbereich erarbeiten können. Nicht weniger als 20 verschiedene Organisationen haben an der Erarbeitung des Aktionsplans in einer von vier Arbeitsgruppen aus den Bereichen Gesundheit und Arbeitnehmer/innenschutz, Umwelt, Wirtschaft sowie Wissenschaft, Forschung und Entwicklung mitgewirkt. Eine besondere Herausforderung war dabei die Sicherstellung des Informationsflusses zwischen den Gruppen und Akteur/innen sowie die Moderation von übergreifenden und/oder widersprüchlichen Materien. Größtmögliche Transparenz wurde durch eine dreiwöchige öffentliche Internet-Konsultation zum Entwurf des Aktionsplans sichergestellt, die zeitgleich von den involvierten Bundesministerien, der Wirtschaftskammer Österreich und der Umweltbundesamt GmbH lanciert wurde.

Der von Österreich im Bereich Nanotechnologie eingeschlagene Weg geht Hand in Hand mit Empfehlungen und Entwicklungen auf europäischer und internationaler Ebene, in denen einhellig zu einer Verbesserung des Dialogs und mehr Kooperation zwischen Entscheidungsträgern in öffentlichen Stellen, Wissenschaft, Unternehmen und anderen interessierten Kreisen aufgerufen wird. Mit dem nun vorliegenden Aktionsplan Nanotechnologie ist Österreich seinen Zielen, die Chancen der Nanotechnologie bestmöglich zu nutzen und die damit verbundenen Herausforderungen zu bewältigen, einen wesentlichen Schritt näher gekommen.

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>TEIL 1</b>	<b>EINLEITUNG .....</b>	<b>8</b>
<b>TEIL 2</b>	<b>HANDLUNGSBEDARF UND EMPFEHLUNGEN.....</b>	<b>11</b>
<b>TEIL 3</b>	<b>UMFELDANALYSEN .....</b>	<b>31</b>
<b>3.1</b>	<b>GESUNDHEIT UND ARBEITNEHMER/INNENSCHUTZ.....</b>	<b>31</b>
	Situation in Österreich .....	31
	Gesetzliche Regelungen .....	35
	Chancen für die Anwendung von Nanotechnologien.....	38
	Aktuelle Wissenslücken.....	40
	Resümee .....	41
<b>3.2</b>	<b>UMWELT .....</b>	<b>42</b>
	Gesetzliche Regelungen .....	42
	Chancen für die Anwendung von Nanotechnologien.....	46
	Potenzielle negative Auswirkungen von Nanomaterialien .....	48
	Resümee .....	54
<b>3.3</b>	<b>WIRTSCHAFT.....</b>	<b>57</b>
	Situation in Österreich .....	58
	Chancen für den österreichischen Wirtschafts- und Innovationsstandort.....	63
<b>3.4</b>	<b>WISSENSCHAFT, FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG .....</b>	<b>66</b>
	Die österreichische NANO Initiative.....	66
	Die aktive Rolle österreichischer Nanowissenschaftler/innen .....	72
	Österreichische Beispiele für Infrastrukturen und Forschungseinrichtungen.....	73
	Österreich und das 6. Europäische Rahmenprogramm „Nano, Materials and Production“ .....	82
<b>ANHANG 1</b>	<b>BETEILIGTE INSTITUTIONEN .....</b>	<b>86</b>
<b>ANHANG 2</b>	<b>ARBEITSGRUPPE WIRTSCHAFT: EINSATZBEREICHE NANOTECHNOLOGIEN .....</b>	<b>87</b>
<b>ANHANG 3</b>	<b>ARBEITSGRUPPE UMWELT: EMPFEHLUNGEN NACH INSTITUTIONEN.....</b>	<b>94</b>
<b>ANHANG 4</b>	<b>BEISPIELE FORSCHUNGSBEDARF NANOTECHNOLOGIE .....</b>	<b>105</b>
<b>ANHANG 5</b>	<b>NANO-INFORMATIONSPLETTFORM .....</b>	<b>108</b>





## TEIL 1 EINLEITUNG

Das aktuelle österreichische Regierungsprogramm erwähnt die Entwicklung eines österreichischen Aktionsplans für Nanotechnologie an mehreren Stellen: im Kapitel Klima und Umwelt mit dem Fokus „Lebensqualität und Umweltschutz erhöhen“: „Den Chancen und Risiken der Nanotechnologie sollen durch die Ausarbeitung und die Umsetzung eines österreichischen Aktionsplans entsprochen werden, wobei der Risikoforschung ein angemessener Platz eingeräumt wird.“ Unter der Überschrift „Konsumentenschutz und Verbrauchergesundheit“ findet sich die folgende Formulierung: „Ein österreichischer Aktionsplan für Nanotechnologien wird Risiken und Chancen insbesondere von nanotechnologischen Verfahren und von Nanomaterialien erforschen sowie Anwendungsbereiche und eine nationale Umsetzungsstrategie für diese Schlüsseltechnologie erarbeiten.“ Vergleichbare nationale Aktionspläne zur Nanotechnologie wurden unter anderem bereits in Deutschland, der Schweiz oder den Niederlanden erarbeitet. Ebenso hat die Europäische Kommission eine entsprechende Mitteilung veröffentlicht: „Nanowissenschaften und Nanotechnologien: Aktionsplan für Europa 2005-2009“.<sup>1</sup>

Die Komplexität der Nanowissenschaften bzw. Nanotechnologien einerseits sowie die vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten andererseits machen einen breit angelegten Zugang erforderlich. Das mögliche wissenschaftliche und wirtschaftliche Potenzial wird durchaus als sehr hoch eingestuft. Gleichzeitig ist das Wissen über mögliche Risiken bzw. adäquates Risikomanagement noch deutlich weniger vorhanden. Derzeit scheint eine Schwierigkeit insbesondere darin zu bestehen, Erkenntnisse über bereits vorhandene Produkte zu erlangen. Zwischen diesen beiden Polen – nämlich vielfältige Möglichkeiten und Innovationen bzw. unklare Risiken für Umwelt und Gesundheit – bewegen sich die vielfältigen aktuellen Diskussionen, in anderen europäischen Ländern ebenso wie auf Ebene der Europäischen Institutionen. Genau hierin liegen auch die künftigen Herausforderungen im Zusammenhang mit Nanotechnologien: Wie können die Möglichkeiten für Innovationen, für Forschung und Entwicklung bzw. für wirtschaftliche Prosperität genutzt werden? Und wie kann dabei gleichzeitig ein auf dem Vorsorgeprinzip basierender Schutz der Umwelt, der Arbeitnehmer/innen und der Konsument/innen gewährleistet werden? Ein erster Schritt wird mit dem vorliegenden österreichischen Aktionsplan Nanotechnologie geleistet, der erstmals eine genaue Darstellung der österreichischen Situation vornimmt und daraus unter Berücksichtigung der europaweiten und globalen Entwicklungen konkrete Empfehlungen für Österreich ableitet.

Die Inhalte des österreichischen Aktionsplans Nanotechnologie wurden zwischen Jänner 2009 und Herbst 2009 in vier unterschiedlichen Arbeitsgruppen erarbeitet: Gesundheit und Arbeitnehmer/innenschutz, Umwelt, Wirtschaft sowie schließlich Wissenschaft, Forschung & Entwicklung. Das besondere an der österreichischen Vorgangsweise besteht darin, dass die Diskussionen von Anfang an auf möglichst breiter Basis geführt wurden. Die unterschiedlichsten Behörden, Interessensgruppen und Organisationen arbeiteten gemeinsam an der Analyse der aktuellen Situation sowie an der Entwicklung von österreichspezifischen Empfehlungen. Alle beteiligten Institutionen sind in Anhang 1 angeführt. Daran anschließend erfolgte ein öffentlicher Konsultationsprozess, der den unterschiedlichen politischen, wirtschaftlichen, sozialen bzw. wissenschaftlichen Gruppierungen die Möglichkeit zur Kommentierung einräumte. Die daraus resultierenden Rückmeldungen lassen sich folgendermaßen zusammenfassen: Vorschläge zur Präzisierung bzw. Ergänzung der Empfehlungen; Vorschläge zur Strukturierung des Aktionsplans; Erweiterung der einzubeziehenden Akteure/innen; diverse Formulierungsvorschläge. Die Gesamtheit der

---

<sup>1</sup> <http://cordis.europa.eu/nanotechnology/actionplan.htm>

eingegangenen Kommentare<sup>2</sup> wurde im Redaktionsteam, bestehend aus den Leiter/innen der Arbeitsgruppen sowie dem Prozessmanagement, diskutiert und daran anschließend jene Anregungen berücksichtigt, die ohne Missachtung des erzielten breiten Konsenses umsetzbar waren.

Das gesamte Prozessmanagement erfolgte durch das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft mit Unterstützung eines externen Unternehmens.

Um die Nachhaltigkeit der erwähnten Arbeiten zu gewährleisten, wird die Umsetzung der im vorliegenden Aktionsplan formulierten Empfehlungen im Verlauf des ersten Halbjahres 2012 einem Monitoringprozess unterzogen. Auch dieser soll auf möglichst breiter Basis erfolgen, d.h. unter Einbeziehung der unterschiedlichsten Akteure/innen. Daran anschließend ist die Erstellung eines entsprechenden Fortschrittsberichts beabsichtigt.

### **Ziele des österreichischen Aktionsplans Nanotechnologie**

Mit dem österreichischen Aktionsplan Nanotechnologie verpflichten sich alle österreichischen Akteure/innen verantwortlich zu handeln und zusammenzuarbeiten, um sicherzustellen, dass der Bereich Nanotechnologien eine für Österreich als Mitglied der Europäischen Union sozial-, gesundheits- und umweltpolitisch günstige und gleichzeitig wirtschaftlich vorteilhafte Entwicklung nimmt.

Der Aktionsplan enthält allgemeine Grundsätze sowie Maßnahmen, die von österreichischen Akteuren/innen im Rahmen des Durchführbaren ergriffen werden sollen. Der Aktionsplan soll die in bestehenden und künftigen Europäischen Aktionsplänen (2005-2009 und 2010-2014) genannten Konzepte, auch im Zusammenhang mit regulatorischem und nicht regulatorischem Vorgehen, unterstützen und letztlich zu einer besseren Nutzung bestehender Instrumente, Strukturen und Ressourcen, sowie einem besseren gesellschaftlichen Umgang mit wissenschaftlicher Ungewissheit beitragen.

Im Fokus der Arbeiten an diesem Aktionsplan stand die Identifizierung des spezifisch österreichischen Handlungsbedarfs sowie die Entwicklung von konkreten Empfehlungen an unterschiedliche Akteure/innen – allen voran Politik und Interessensgruppierungen.

Grundlage dafür waren die sogenannten Umfeldanalysen in Österreich in den Bereichen Gesundheit und Arbeitnehmer/innenschutz, Umwelt, Wirtschaft bzw. Wissenschaft, Forschung & Entwicklung. Dieser Ist-Zustand<sup>3</sup> in Bezug auf Nanotechnologie und Nanomaterialien wird mit dem vorliegenden Aktionsplan erstmals erhoben und detailliert dargestellt.

Der vorliegende Aktionsplan Nanotechnologie wurde in erfolgreicher Zusammenarbeit zwischen allen relevanten Ressorts sowie Sozialpartnern und weiteren Akteuren/innen auf Initiative des BMLFUW erstellt. Er stellt einen Leitfaden für ein komplexes Technologiefeld dar, um Perspektiven im Bereich Nanowissenschaften und Nanotechnologien zu eröffnen, Chancen zu erkennen sowie Doppelgleisigkeiten und Fehlentwicklungen in diesem breiten Feld zu vermeiden.

### **Arbeitsdefinition Nanotechnologie**

Die Begriffe Nanotechnologie bzw. Nanomaterialien umfassen ein sehr weites Feld an möglichen Anwendungen und Produkten. International liegt bislang keine verbindliche

<sup>2</sup> Einzusehen auf [www.lebensministerium.at](http://www.lebensministerium.at)

<sup>3</sup> Der vorliegende österreichische Aktionsplan Nanotechnologie repräsentiert den Stand des Wissens mit Sommer 2009

Definition vor. Um dieses Themengebiet bearbeitbar zu machen und gleichzeitig einen gemeinsamen Nenner für die Arbeiten in den unterschiedlichen Arbeitsgruppen festzulegen, wird im Rahmen des österreichischen Aktionsplans Nanotechnologie unter dem Begriff „Nanotechnologie“ folgendes verstanden:

- Herstellung von bzw. Umgang mit absichtlich hergestellten nano-skaligen Materialien, wie beispielsweise Nanoröhrchen oder Nanoplättchen
- Inklusive Produkte aus diesen Materialien
- Nanoskalig bedeutet Abmessungen in zumindest einer räumlichen Dimensionen bis maximal 100nm

Diese Definition umfasst dreidimensionale Nanopartikel bzw. Nanoröhrchen ebenso wie zweidimensionale Nanofasern oder eindimensionale Nanoschichten. Im Zentrum steht dabei die beabsichtigte Herstellung der Nanoskaligkeit. Dadurch sind unabsichtlich entstehende Partikel o.ä. in Nano-Größe, wie beispielsweise Asbeststaub oder Dieselruß, aus den hier vorliegenden Betrachtungen ausgeklammert. Nano-skalige Teilchen entstehen natürlich auch, beispielsweise bei Waldbränden, Vulkanausbrüchen oder Sandstürmen. Diese natürlichen Phänomene werden hier nicht behandelt.

Die für diesen Aktionsplan entwickelte Definition entstand in Anlehnung an laufende internationale Diskussionen, mit besonderer Berücksichtigung der Ergebnisse folgender EU-weiter bzw. internationaler Arbeitsgruppen:

- EU: Arbeitsgruppe über Nanomaterialien in REACH (CASG Nano)
- EU: Wissenschaftliches Komitee über Gesundheits- und Umweltrisiken der EU (SCENIHR, Scientific committee on emerging and newly identified health risks)
- OECD (Organisation for Economic Co-Operation and Development): Working Party on Manufactured Nanomaterials, in Kooperation mit ISO (International Organization for Standardization)

Alle in diesen Gremien erarbeiteten Definitionen befassen sich unisono mit "absichtlich hergestellten" Nanomaterialien. Bei OECD und ISO ist zusätzlich die Größenordnung "100 nm" bzw. "Unterdefinitionen" (z.B. was ist Nanoscale, Nanoobject, Nanostructured, Nanomaterial) angeführt.

### **Inhalte des österreichischen Aktionsplans Nanotechnologie**

Die Umfeldanalysen (Teil 3) fokussieren jeweils für sich auf ein bestimmtes fachliches Thema. Folgende, im Zusammenhang mit Nanotechnologie politisch und gesellschaftlich besonders relevante Bereiche wurden eingehend bearbeitet: Gesundheit inklusive Arbeitnehmer/nnenschutz, Umwelt, Wirtschaft sowie Wissenschaft, Forschung und Entwicklung.

In jedem dieser Abschnitte werden die für das Thema zentralen Fragestellungen dargestellt, die jeweilige österreichische Ist-Situation beschrieben sowie relevante Akteure/innen aufgelistet. Ebenso sind mit nanotechnologischen Anwendungen verbundene Wissenslücken thematisiert, Chancen bzw. deren Nutzbarmachung beschrieben, aber auch Risiken bzw. Ausmaß des jeweiligen Nicht-Wissens analysiert.

Aus den Analysen der österreichischen Situation in den erwähnten Themen wurde letztlich der zentrale Teil des Aktionsplans Nanotechnologie entwickelt: Handlungsbedarf und Empfehlungen für Österreich (Teil 2). Diese sind nicht mehr thematisch getrennt dargestellt, sondern in fünf zentralen Aktionsfeldern zusammen gefasst. Die detaillierten Formulierungen verfolgen jeweils ein konkretes Ziel und adressieren unterschiedliche österreichische Akteure/innen, insbesondere die Politik und Interessensvertreter.

## TEIL 2    HANDLUNGSBEDARF und EMPFEHLUNGEN

Die Umfeldanalysen der Themenbereiche Gesundheit und Arbeitnehmer/innenschutz, Umwelt, Wirtschaft bzw. Wissenschaft, Forschung und Entwicklung in Österreich (siehe Teil 3) bilden die Grundlage für den hier formulierten Handlungsbedarf. Dieser sowie die daraus resultierenden konkreten Empfehlungen verfolgen jeweils ein klares Ziel und sind an die unterschiedlichsten – insbesondere politischen – österreichischen Akteure/innen adressiert. Jede Empfehlung ist zudem mit einer Angabe zum zeitlichen Rahmen versehen.

Als zentral ist die Entwicklung eines politisch-strategischen Gesamtkonzepts für den Umgang mit Nanotechnologien bzw. Nanomaterialien zu sehen. Der österreichische Aktionsplan Nanotechnologie stellt einen Ausgangspunkt sowie Impulsgeber für ein derartiges Konzept dar. Dieses soll einerseits dem zunehmenden Koordinationsbedürfnis der diversen österreichischen Aktivitäten in diesem Bereich Rechnung tragen, andererseits den notwendigen Ressourceneinsatz effizient bündeln bzw. aufeinander abstimmen. Eine derartige Strategie könnte im Rahmen eines interministeriellen Gremiums unter Einbeziehung von Sozialpartnern und weiteren Akteuren/innen entwickelt werden und beispielsweise folgende wesentlichen Elemente beinhalten: die Definition von – unter Umständen ressort-übergreifenden – thematischen Schwerpunkten, die genaue Festlegung von Zuständigkeiten, die koordinierte Bereitstellung von Ressourcen oder Maßnahmen zur Sicherung eines kontinuierlichen Informationsflusses.

Das Kernstück des vorliegenden Aktionsplans bilden die in der folgenden Tabelle dargestellten Empfehlungen für spezifische, österreichische Maßnahmen auf nationaler, europäischer und internationaler Ebene. Diese wurden im Konsens zwischen den involvierten Akteuren/innen verabschiedet. Wesentlicher Aspekt bei der Formulierung der Empfehlungen war, eine Balance zwischen der Nutzung von Chancen und Potenzialen einerseits und dem verantwortungsvollen Umgang mit möglichen Risiken im Bereich Gesundheit bzw. Umwelt andererseits zu gewährleisten.

Sowohl der Handlungsbedarf wie auch die zahlreichen, einander oftmals überschneidenden Empfehlungen wurden in fünf so genannten Aktionsfeldern zusammengefasst:

- Überprüfung bzw. Sicherstellung eines adäquaten rechtlichen Rahmens inkl. Unterstützung freiwilliger Aktivitäten der Wirtschaft/Industrie
- Informationsmanagement, d.h. Maßnahmen zur Information von Konsument/innen, Arbeitnehmer/innen, Arbeitgeber/innen, der allgemeinen Bevölkerung bzw. Vernetzung interministeriell und interinstitutionell
- Qualifizierung und Bewusstseinsbildung in der Arbeitswelt, bei Konsument/innen, der allgemeinen Bevölkerung, in der schulischen Ausbildung
- Schaffen einer soliden Wissensbasis für Risikobewertung und gezieltes Risikomanagement
- Forschung, Forschungsbedarf

Ein zentrales Maßnahmenbündel des Aktionsplans widmet sich der Weiterentwicklung der Zusammenarbeit sowie Verstärkung des Dialogs und der Transparenz zwischen allen Akteuren/innen inklusive Öffentlichkeit. Dieses inkludiert das Herunterbrechen wissenschaftlicher Erkenntnisse, inklusive zur Frage der Definition von Nanotechnologie, auf eine allgemein verständliche Sprache sowie eine verstärkte Kooperation mit Medien. Dabei sollen soweit möglich bereits bestehende Strukturen und Beispiele der Guten Praxis genutzt werden. Insbesondere wird durch die Schaffung einer Österreichischen Nanotechnologie-

Informations-Plattform<sup>4</sup> Wissen unterschiedlichster Expert/innen zusammengeführt, somit Synergien genutzt und andererseits sachliches, qualitätsvolles und zielgruppenorientiertes Wissen für alle Akteure/innen inklusive Öffentlichkeit generiert.

Die rechtlichen Rahmenbedingungen, insbesondere im Hinblick auf die Sicherung eines hohen Schutzniveaus für die Umwelt und die menschliche Gesundheit, sind zu überprüfen und nötigenfalls weiter zu entwickeln. Der österreichische Aktionsplan gibt dementsprechend auch Leitlinien der österreichischen Position zur Berücksichtigung auf europäischer und internationaler Ebene vor.

Ein Bündel von Maßnahmen zielt auf die Stärkung Österreichs als High-Tech-Standort ab. Dazu zählen Maßnahmen mit dem Ziel einer weiteren Zusammenführung von Forschung und Wirtschaft, der Intensivierung der internationalen Zusammenarbeit, Stärkung der Grundlagenforschung als Basis für anwendungsorientierte Forschung, verstärkte Integration technischer Aspekte in die schulische Ausbildung sowie das Durchleuchten der Rahmenbedingungen im Bereich Patentrecht. Ebenfalls breiten Raum nehmen Maßnahmen mit dem Ziel der Erleichterung von Finanzierungen sowie Erhöhung der Anreize für Investitionen und Forschungstätigkeit ein. Diese Maßnahmen haben auch für die österreichischen Klein- und Mittelbetriebe eine wesentliche Bedeutung.

Der Schließung von Wissenslücken im Bereich der Sicherheitsbewertung der Nanotechnologie ist ein weiteres breites Handlungsfeld gewidmet. Die Empfehlungen für Maßnahmen umfassen auch die Bündelung von Ressourcen zur Bewertung von möglichen Gesundheits- und Umweltrisiken. Die Herausforderung für Österreich besteht darin, die notwendige Expertise im eigenen Forschungssystem aufzubauen. In diesem Zusammenhang wird anerkannt, dass die Zusammenarbeit und Abstimmung im europäischen und internationalen Kontext zu forcieren ist, da kein Land alleine die gesamte Breite der EHS-Forschung im Umgang mit Nanotechnologie abdecken kann. Ergänzend dazu stehen erste konkrete Beispiele für möglichen Forschungsbedarf, die einzelne Akteure/innen für ihren spezifischen Bereich identifiziert haben. Ein anderer Schwerpunkt ist die stetige Stärkung der Wissensbasis zentraler Akteure/innen im Arbeitnehmer/innenschutz, womit Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz beim Umgang mit Nanomaterialien gewährleistet werden soll.

---

<sup>4</sup> Siehe Anhang 5

Die folgende Tabelle stellt österreichspezifisch sowohl den identifizierten Handlungsbedarf als auch die daraus entwickelten Empfehlungen detailliert dar. Die Gliederung orientiert sich dabei an den oben genannten Aktionsfeldern.

Innerhalb der folgenden Tabelle wird der mit einer Empfehlung verbundene Zeitrahmen jeweils folgendermaßen angegeben:

Kurzfristig: bis Ende 2010

Mittelfristig: bis zum ersten Monitoringprozess (siehe dazu auch S.6), ca. Mitte 2012

Langfristig: nach Mitte/Ende 2012

Handlungsbedarf	Empfehlung	Adressaten	Ziel	Zeitraumen
<b>Aktionsfeld Rechtliches (iwS)</b>				
<p>Zur österreichischen Position bei der Berücksichtigung von Nanotechnologien und nanoskaligen Materialien in der europäischen Gesetzgebung:</p> <p>Der Prozess der Einbettung der Nanotechnologie in die europäischen Regelwerke ist im Fluss. Österreich sollte in den einzelnen Gremien eine in sich stimmige und konsistente Position vertreten. Dabei ist insbesondere auf die Einhaltung eines hohen Schutzniveaus zu achten</p>	<p>In sämtlichen Verfahren, welche sich explizit mit Nanomaterialien und Nanotechnologien auseinandersetzen, ist auf die Einhaltung des Vorsorgeprinzips respektive des Verursacherprinzips zu drängen. Eine gesicherte Dokumentation der inhärenten Eigenschaften sowie der sich aus der Anwendung ergebenden Risiken muss Bedingung für den Marktzugang und Marktverbleib sein.</p> <p>Österreich setzt sich dafür ein, dass bestehende Rechtsmaterien (etwa REACH, CLP) zügig in geeigneter Form weiterentwickelt und interpretiert werden, um die von Nanomaterialien ausgehenden Eigenschaften, Risiken und Effekte adäquat abzubilden und zu berücksichtigen.</p> <p>Weisen die einschlägigen Rechtsmaterien nicht das erforderliche Schutzniveau auf, um eine sichere Anwendung von Nanomaterialien zu gewährleisten, bleibt die Deklaration von Nanomaterialien auf Produkten eine legitime Forderung</p>	<p>Ministerien, in deren Wirkungsbereich Instrumente mit Bezug zur Nanotechnologie behandelt werden</p>	<p>Effektives Einbringen der Position Österreichs, insbesondere Berücksichtigung eines hohen Schutzniveaus. Gewinnen von Verbündeten</p>	<p>Kurz- bis mittelfristig</p>



<p>Harmonisierung und koordiniertes europäisches Vorgehen</p>	<p>Einbettung der Nanotechnologie in bestehende rechtlichen Rahmenbedingungen und Harmonisierung dieser innerhalb der Europäischen Union</p>	<p>Politik, Gesetzgeber</p>	<p>Einheitliche EU-weite Regelungen Nutzung bestehender Instrumente</p>	<p>Beginn: Kurzfristig</p>
<p>Definition</p>	<p>Eine international harmonisierte, möglichst allgemeingültige, kurze und prägnante Definition für Nanomaterialien ist für die öffentliche Diskussion und Rechtssicherheit sehr sinnvoll. Österreichische Delegierte in internationalen und EU-Gremien sollen sich für die Aufnahme einer solchen möglichst einheitlichen, den aktuellen Stand der Wissenschaft widerspiegelnden Arbeitsdefinition in unterschiedlichen gesetzlichen Regelungen (z.B. REACH, Kosmetika, Novel-Food, Biozide) einsetzen.</p>	<p>Politik</p>	<p>Klare, sinnvolle Definition für Nanomaterialien. Diskussionsalternativen in Betracht ziehen</p>	<p>Kurzfristig</p>
<p>Stärkung der Aktivitäten im Bereich Normung und Standardisierung</p>	<p>Angemessene Beteiligung Österreichs an nationalen und internationalen Arbeitsgruppen, insbesondere die Beobachtung und soweit möglich Mit-Steuerung des ON-Komitee 052 „Arbeitsschutz und Sicherheitstechnik“</p>	<p>Zuständige Ministerien</p>	<p>Einbringen der Position Österreichs und Vermeidung von Doppelgleisigkeiten</p>	<p>Beginn: kurzfristig; laufend</p>
<p>Freiwillige Maßnahmen</p>	<p>Förderung effektiver freiwilliger Maßnahmen, wie z.B. Code of Conduct, Unternehmenszertifikate</p>	<p>Politik, Gesetzgeber</p>	<p>Verhinderung von Überregulierung und Bürokratie. Ressourceneffizienz</p>	<p>Beginn: kurzfristig</p>
<p>REACH-Verordnung: Unklarheiten im gesetzlichen Rahmen schließen. Verordnung interpretieren und wo erforderlich weiter entwickeln. Derzeit noch mangelnde Bezugnahme auf Nanomaterialien Schließen von Informationslücken für Downstream-User innerhalb der Lieferkette, v.a. für KMU</p>	<p>Grundsätzliche Klärungen u.a. zu Registrierung, Tonnage-Grenzen, für Nanomaterialien. Spezifizierung zu Sicherheitsdatenblatt (SDB), eigene SDB für Nano-Anwendungen (Charakterisierung, Expositionsszenarien, Risikomanagementmaßnahmen). Getrennte Dossiers für Bulk- / Nanoform. Nano-Stoffbewertungen. Bestimmte Nanomaterialien auf Kandidatenliste. (REACH-) Leitfaden zur Erstellung von SDB (Nanomaterialien).</p>	<p>BMLFUW. Europäische Chemikalienagentur (ECHA). Industrieverbände für Leitfäden</p>	<p>Sicherung eines Regulierungsrahmens, der eine verantwortungsbewusste Entwicklung von Nanotechnologien ermöglicht sowie die Basis für effektives Risikomanagement bei Anwender/innen sicherstellt. Explizite Informa-</p>	<p>Kurzfristig</p>



				tionspflicht, Kenntnis allfälliger Risiken. Verbesserte Übersichtlichkeit für Anwender/innen, wenn getrennte SDB für Bulk- und Nano-Formen vorhanden sind.	
Überprüfung des gesetzlichen Rahmens im Arbeitnehmer/Innenschutz	Identifizierung und sofern erforderlich Festlegung spezifischer Nano-Regelungen	BMASK/ZAI		Regulierungsrahmen sichern, der eine verantwortungsbewusste Entwicklung von Nanotechnologien ermöglicht; z.B. Klärung ob Meldepflichten und Substitutionspflichten für bestimmte Nanomaterialien erforderlich sind	Mittelfristig
Überprüfung des gesetzlichen Rahmens im Verbraucher/Innenschutz	Prüfung, ob unter Berücksichtigung der Exposition „nanospezifische“ Bestimmungen (z.B. Kennzeichnung, Notifikation, Register) erforderlich sind. Bei Bedarf: Initiativen auf EU-Ebene		Politik unter Einbeziehung relevanter Institutionen	Schließen eventueller Regelungslücken im Hinblick auf den Verbraucher/Innenschutz	Mittelfristig
<b>Aktionsfeld Informationsmanagement, Vernetzung</b>					
Kommunikationskultur	Eine offene und dialogorientierte sowie fachlich fundierte Kommunikation zwischen allen Stakeholdern und der Öffentlichkeit unterstützt einen Dialog über Chancen und Risiken der Nanotechnologie		Akteure/innen des Nationalen Aktionsplans	Transparenter, kooperativer und fachlich fundierter Dialog	Beginn: kurzfristig

<p>Freiwillige Ansätze/Information an Konsument/innen:</p> <p>Ein großes Potenzial zur Sicherung der gesellschaftlichen Akzeptanz von Nanotechnologien liegt in einem glaubwürdigen und zielgruppengerechten Informationsangebot</p>	<p>Österreich soll jene Ansätze struktureller und institutioneller Art unterstützen, die eine Maximierung des gesellschaftlichen Nutzens der Nanotechnologie und des Einsatzes von Nanomaterialien fördern.</p> <p>Dazu zählen insbesondere freiwillige Ansätze der Wirtschaft, interessierten Kreisen Informationen von Nanomaterialien zur Verfügung zu stellen, diese insbesondere mit Konsument/innen, aber auch mit Wissenschaft und Forschung zu teilen.</p> <p>Österreich soll sicherstellen, dass der aktuelle Stand zur Nanotechnologie und deren Effekte für Umwelt und Gesundheit fachgerecht und verständlich dargestellt werden. Dabei sind Wissenslücken sowie zurzeit nicht abschätzbare Risiken zielgruppengerecht aufzubereiten.</p> <p>Zusätzlich stellt Österreich adäquates Informationsmaterial zur Verfügung und nützt Kooperationen mit Medien im Sinne einer transparenten und umfassenden Informationspolitik.</p>	<p>Akteure/innen des Nationalen Aktionsplans</p>	<p>Qualitativ hochwertige Angebote zur Bewusstseinsbildung und Information sind leicht zugänglich und werden in partizipativer und transparenter Weise weiterentwickelt</p>	<p>Kurz-, mittelfristig</p>
<p>Koordinierte Kommunikation. Schaffung einer Übersicht über Aktivitäten der einzelnen Institutionen</p>	<p>Koordinierte öffentliche Kommunikation durch alle Akteure/innen des österreichischen Aktionsplans Nanotechnologie (z.B. NIP-Informationsplattform Nanotechnologie) sowie gemeinsame grundlegende Positionierung zu Nanotechnologie und Darstellung ihrer Aktivitäten</p>	<p>Lead: BMG als Initiator der NIP; Politik; Akteure/innen des Nationalen Aktionsplans</p>	<p>Informationsportal für interinstitutionelle Kommunikation und Information der Öffentlichkeit aufbauen. Steigerung der Qualität der kommunizierten Information. Dialog &amp; Beteiligung ermöglichen. Vermeidung von Doppelgleisigkeiten, bessere Ressourcennutzung</p>	<p>Beginn: kurzfristig</p>

Bestehende Strukturen nutzen	Bestehende fachlich qualifizierte Einrichtungen (z.B. Projekt NanoTrust, ITA) sollten tragende fachliche Säulen einer Kommunikationsplattform sein	Politik, Ministerien, Sozialpartner	Effiziente Nutzung von Ressourcen	Ab sofort
Stärkere Zusammenarbeit der verschiedenen Experten/innen	Schaffung eines Experten/innenpools & regelmäßiger Erfahrungsaustausch	Politik	Koordination von Experten/innenwissen	
Verbreiterung der Teilnehmerbasis an Forschungsprojekten im Unternehmenssektor bzw. Initiierung von Diffusions- und Transferprozessen. Frühzeitige Analyse von Einstiegsbarrieren bzw. Setzen von Kooperationsimpulsen	Branchengespräche mit der Industrie. Leistungsschau aller Förderprojekte als Veranstaltung von BMVIT/FFG koordiniert	BMVIT/FFG	Beschleunigung der wirtschaftlichen Nutzung bzw. des Technologietransfers	Kurz- mittelfristig
Nutzung des europaweiten Verbundbüros für Forschung und Technologie (Innovation Relay Centre)	Spezielle Infoprogramme dazu	BMVIT/FFG	Erleichterung des grenzüberschreitenden Technologietransfers, Förderung von Innovation auf lokaler Ebene	Langfristig
Ausbau Schnittstelle Wissenschaft/Wirtschaft	Förderung von thematisch fokussierten und zeitlich klar befristeten Vorhaben, v.a. Berücksichtigung von KMUs	BMVIT/FFG, BMWF, BMWFJ	Verbreiterung der Kooperationsbasis zwischen Wissenschaft und Wirtschaft. Stärkung der Forschungskompetenz in für Unternehmen relevanten Anwendungsfeldern. Abgrenzung gegenüber anderen Kooperationsprogrammen. Förderung einer gewissen Dynamik und Offenheit der Forschungs-Community	Langfristig

<p>Stärkung der internationalen Zusammenarbeit:</p> <p>Verbesserung des Zugangs zu Know-how und Kooperationspartnern im Ausland</p>	<p>Stärkung Transnationale Projektkooperation auch außerhalb des EU-Rahmenprogramms (zB ERANet).</p> <p>Nationale Forschungsprogramme im Bereich F&amp;E als Hebelwirkung für EU-Rahmenprogramm. Entwickeln von Strategien und Potenzialen für Forschungsk Kooperationen mit Ländern außerhalb Europas, z.B. USA, Korea, BRIC-Staaten</p>	<p>BMVIT, BMWWF</p>	<p>Verstärkte Teilnahme an europäischen Programmen, Ausschreibungen, Stipendien, Projekte</p>	<p>Langfristig</p>
<p><b>Aktionsfeld Qualifizierung, Bewusstseinsbildung</b></p>				
<p>Information der Öffentlichkeit</p>	<p>Eine möglichst allgemeingültige, kurze und prägnante Definition für Nano ist für die öffentliche Diskussion besonders wichtig (siehe als Vorbild z.B. den „Nachhaltigkeitsbegriff“ nach der Brundtland-Definition). Damit wird eine Basis für die öffentliche Diskussion geschaffen. Eine wissenschaftlich absolut fundierte Definition ist dafür nicht unbedingt notwendig, auf dieses Manko sollte jedoch hingewiesen werden.</p> <p>Nutzung von bereits vorhandenen positiven Beispielen, wie z.B. der Nano-Truck in Deutschland. Sinnvoll ist es auch, Universitäten in die Information der Öffentlichkeit viel stärker einzubeziehen. Beispielsweise auch periodische, bundesweite Veranstaltungen über wissenschaftliche Entwicklungen. Damit verschafft man der Nanotechnologie eine ständige Präsenz in der Öffentlichkeit und hebt den Wissensstandard der Bevölkerung allgemein</p>	<p>Politik, Ministerien, Sozialpartner, Universitäten</p>	<p>Definition für öffentliche Diskussion. Konkrete Informationsoffensiven Richtung Öffentlichkeit. Einheitlichere Kommunikationsebene schaffen</p>	<p>Beginn: kurzfristig</p>
<p>Gezielte Information von Betrieben (Arbeitgeber/innen, Arbeitnehmer/innen) zu Nanotechnologie und Arbeitnehmer/Innenschutz</p>	<p>Info-Veranstaltungen der Sozialpartner und der AUVA</p>	<p>Sozialpartner, AUVA, Umweltbundesamt, BMASK/ZAI</p>	<p>Bewusstseinsbildung auf betrieblicher Ebene</p>	<p>Kurz-, Mittelfristig</p>

<p>Stärkung der Wissensbasis bez. Sicherheits- und Gesundheitsaspekten bei zentralen Akteuren/innen im Arbeitnehmer/innenschutz.</p> <p>Sammlung von Expertisen zu Nanomaterialien</p>	<p>Entwicklung von Bildungsangeboten für: Arbeits- und Chemikalieninspektion, Arbeitsmediziner/innen, Sicherheitsfachkräfte, Betriebsrät/innen, SVPs etc.</p>	<p>Sozialpartner, AUVVA, Umweltbundesamt, BMASK/ZAI</p>	<p>Sicherstellung notwendiger Qualifikation zur Durchsetzung eines sicheren Umganges mit Nanotechnologien bzw. Nanomaterialien.</p> <p>Verfügbarkeit von Expertisen im Anlassfall</p>	<p>Kurz-, Mittelfristig</p>
<p>Verstärkte Vermittlung von Wissen über Nanotechnologie und ihre Anwendungsmöglichkeiten bei Verbraucher/innen</p>	<p>Vermittlung von Basiswissen im Rahmen der Schulausbildung sowie durch Informations-Kampagnen</p>	<p>Politik</p>	<p>Information, Bewusstseinsbildung, Befähigung zur informierten Produktwahl</p>	<p>Kurz-, Mittelfristig</p>
<p>Wissensdefizite und Bildung</p>	<p>Technikfeindlichkeit durch Nichtwissen ist ein bekanntes Phänomen, das auf Angst vor Unbekanntem basiert. Diesem kann nur durch Bildung und Information entgegengewirkt werden. Handlungsfelder gibt es hier viele, so z.B. Schulen, Hochschulen, Erwachsenenbildung, Berufsausbildung, Öffentlichkeitsarbeit usw.</p> <p>Mit zuständigen Ministerien und Institutionen sollten Möglichkeiten für konkrete Schritte erörtert werden, wie Nanotechnologie bzw. Technologieverständnis allgemein besser im Rahmen der Erstausbildung vermittelt werden kann. Ziel sollte es sein, mündige Bürger/innen auszubilden, die fähig sind, sich kritisch auch mit komplexeren Problemen auf einer sachlichen Ebene auseinander zu setzen.</p> <p>Bestehende Berufsausbildungen sowie andere Ausbildungen (z.B. Sicherheitsfachkraft) sollten adaptiert und zeitgemäß angepasst werden. In diesem Zusammenhang könnten auf jeden Fall auch weitere Aspekte der Nanotechnologie, des sicheren Umgangs mit Stoffen, des Umweltschutzes u. ä. eingebracht bzw. erweitert werden</p>	<p>Politik, Sozialpartner, Ministerien, Bildungseinrichtungen</p>	<p>Verstärkte Bildung und Information der breiten Öffentlichkeit unter Einbeziehung besonders von bestehenden Bildungsstrukturen wie allgemein bildende Schulen, Hochschulen, Bildungsinstitutionen, Lehrer/innen etc. Bereits bestehende Initiativen sollen ausgebaut werden</p>	<p>Mittelfristig</p>

	<p>Erläuterung: Professioneller Umgang mit den Aspekten der "Innovationsfeindlichkeit" im Lichte bisheriger Neo-Technologien.                  Eine Polarisierung der Diskussion besonders in Richtung „Nanotechnologie ist grundsätzlich gefährlich“ muss vermieden werden. Eine Versachlichung der Diskussionen ist für die Sicherung des Standortes Österreich zwingend und kann eine allgemein anziehende Wirkung auf Betriebsansiedlungen nach Österreich haben. Der öffentliche Diskurs muss fair erfolgen, wobei sowohl Chancen wie auch Risiken zu diskutieren sind. Keineswegs sollte vorenthalten werden, dass „Nano“ in unzähligen (natürlichen) Bereichen nichts Neues ist, aber auch nicht, dass in einigen Bereichen noch Wissenslücken vorhanden sind. Ziel sollte eine ganzheitliche und objektive Darstellung dieses Bereiches sein</p>		
<p>Einbeziehung der gesellschaftlichen Dimension: Eingehen auf Erwartungen und Befürchtungen:                   Verankerung der Nanotechnologie in der öffentlichen Wahrnehmung, der Wissenschaftskommunikation und der Nachwuchsarbeit</p> <p>Stärkung der Humanressourcen:                  Förderung der naturwissenschaftlichen Ausbildung</p>	<p>Systematische Kommunikationsarbeit nach innen und nach außen (Nanodialogue der Europäischen Kommission zusammen mit BMWF, Award des BMVIT für Nanotechnologie)</p> <p>Schüler/innen sollen entsprechende Berufs- und Ausbildungsmöglichkeiten im Bereich Nanowissenschaften / Nanotechnologien aufgezeigt werden. Besetzung des Themas Nanowissenschaften / Nanotechnologien über bestehende Humanressourceninitiativen („Generation Innovation“, „Sparkling Science“) bzw. durch unbürokratische Förderung von Ausbildungsmöglichkeiten auf dem Bachelor-, Diplom-, Dissertationsniveau</p>	<p>BMVIT, BMWF</p> <p>BMWF, BMVIT</p>	<p>Langfristig</p> <p>Langfristig</p>
<p><b>Aktionsfeld Risikobewertung, Risikomanagement</b></p>			
<p>Beurteilung von Maßnahmen zur Nano-Risikokontrolle aufwändig.                  Daher: Schaffung von Grundlagen zur Messung von Nanopartikeln insbesondere in der Luft belasteter Arbeitsplätze</p>	<p>Festlegen von Methoden, Parametern und Strategien für Messungen an Arbeitsplätzen.                  Projekte zur Expositions-messung am Arbeitsplatz.                  Entwicklung einfacher kostengünstiger Messgeräte.</p>	<p>Politik, relevante Institutionen</p>	<p>Mittelfristig</p> <p>Ermöglichung einer Risikokontrolle durch Messgrundlagen und geeignete Instrumente.                  Verbesserung der Datenlage bzw. Kenntnisse über Expositionen</p>

	<p>Erstellen von Expositionsszenarien für Arbeitsplätze</p> <p>Bereitstellen gesundheitsbezogener (vorläufiger) Richtwerte/Expositionskonzentrationen für (Klassen von) Nanomaterialien (Arbeitsplatz).</p> <p>Aufzeichnungspflichten über Nanoexpositionen bei der Arbeit mit hohem Gefährdungspotenzial (Arbeitsplätze und exponierte Arbeitnehmer/innen; zugänglich nur für Behörden).</p>	<p>BMASK/ZAI, Ministerien, relevante Institutionen, Sozialpartner</p>	<p>Wirksame Risikokontrolle durch Richtwerte: Benchmarks, (Risikomanagementmaßn. beurteilen; Entscheidungshilfe für persönliche Schutzausrüstung). Ziel: Arbeitsplatz-Grenzwerte für Nanomaterialien (möglichst in Abstimmung mit EG bzw. anderen EG Staaten)</p> <p>Nachvollziehbarkeit von beruflichen Expositionen von Arbeitnehmer/innen für den Fall von berufsbedingten Erkrankungen sichern.</p>	<p>Kurz-, Mittelfristig</p>
<p>Übersicht über Anwendungen bzw. Arten von Arbeitsplätzen, wo Nanomaterialien zum Einsatz kommen</p>	<p>Auflistung betroffener Branchen und Tätigkeitsbereiche (regelmäßiges Updating)</p>	<p>BMASK/ZAI, AUVA</p>	<p>Gezielter Einsatz von Instrumenten für Nano-Risikomanagement. Erleichterung von gezielter Beratung und Kontrollmöglichkeiten durch Behörde</p>	<p>Kurzfristig</p>



<p>Verbesserung des derzeitigen Daten-/Wissensstandes bez. Risikomanagement am Arbeitsplatz (v.a. in KMLU)</p>	<p>Erstellung eines Leitfadens für das (vorläufige) Risikomanagement von Nanomaterialien. Informationen auch an Arbeitgeber/innen</p>	<p>Sozialpartner, AUVA, BMASK/ZAI</p>	<p>Entwicklung eines Standard für "Gute Praxis" auf europäischer Ebene. Kontinuierlich pragmatisch weiterentwickeltes Hilfsmittel für Durchführung von Risikomanagement in Österreich</p>	<p>Kurzfristig</p>
<p>Fragenkomplex Umwelttoxikologie/ Umweltverhalten – Österreichischer Beitrag zur Schließung von Wissenslücken:</p> <p>Sowohl hinsichtlich der Methodik als auch der Einzelfallbeurteilung ist das Bild der ökotoxikologischen Effekte von Nanomaterialien und ihrer Umweltauwirkungen lückenhaft. (Empfehlungen 1 und 2)</p> <p>Grad der Vernetzung ist noch unzureichend; Ökotoxikologische Daten sind nicht in ausreichendem Maße zugänglich (Empfehlungen 3 und 4)</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Hinsichtlich der Methodik soll Österreich Schwerpunkte setzen, um die Methodenenwicklung auf internationaler Ebene gezielt zu unterstützen, besonders im Hinblick darauf, um die entwickelten Methoden direkt ins europäische Regelungssystem übernehmen zu können</li> <li>2. Hinsichtlich Grundlagenforschung zu Ökotoxikologie und Umweltverhalten von Nanomaterialien sollten aufbauend auf bestehenden Strukturen und Netzwerken unter Vermeidung von Doppelgleisigkeiten und unter Berücksichtigung der internationalen Arbeiten auch jene Vorhaben unterstützt werden, die spezifisch österreichische Gegebenheiten zum Gegenstand haben</li> <li>3. Österreich setzt sich unter Wahrung der Sorgfalts- und Geheimhaltungspflichten für eine bessere Vernetzung und Zusammenschau von Daten ein, die durch nanorelevante bzw. nanospezifische Regelungen erlangt werden: Relevante Erkenntnisse zu (Öko)toxikologie und Umweltverhalten von Nanomaterialien sollen dadurch der Wissenschaft sowie der interessierten Öffentlichkeit zugänglich werden</li> </ol>	<p>BMLFUW, BMG, BMVIT, BMWF</p>	<p>Generierung und Sicherstellung der angemessenen Verfügbarkeit von Daten mit Umweltbezug, die eine entsprechende Risikobewertung ermöglichen</p>	<p>Kurz-, Mittelfristig</p>



<p>EHS („Environment, Health, Safety“)</p>	<p>4. Österreich setzt sich dafür ein, dass international sowie national, Unterstützungen zu Weiterentwicklung von Nanotechnologie grundsätzlich an begleitende Erforschung bzw. Abschätzung von Umwelt- Risiken zu knüpfen sind</p>	<p>Am Nationalen Aktionsplan beteiligte Ministerien</p>	<p>Abbau von Unsicherheit im Bereich EHS. Einbringen in internationale Abstimmungsprozesse, Mitarbeit in der Gestaltung legislativer Rahmenbedingungen, Kostenaufteilung zwischen den Mitgliedstaaten</p>	<p>Langfristig</p>
<p>Prüfung und ex-ante bzw. ex-post Evaluierung der durch die Nano Initiative geförderten Projekte auf Risk and Safety-Aspekte</p>	<p>Stärkung der Teilnahme Österreichs an internationalen Forschungsprojekten im Bereich EHS (OECD, NanoImpactNet, FramingNano, ERA-Net Nano-Tox etc.). Evaluierung von für Österreich relevanten Themen. Technikfolgen-Abschätzung als Begleitmaßnahme</p>	<p>Am Nationalen Aktionsplan beteiligte Ministerien (inkl. BMWFJ) unter Einbeziehung der Sozialpartner. Lead: BMLFUW</p>	<p>Bündelung der in Österreich vorhandenen Mittel. Trennung EHS-Forschung von Interessen der Industrie.</p>	<p>Langfristig</p>
<p></p>	<p>Nominierung Gutachter auf Vorschlag von NanoTrust</p>	<p>BMVIT/FFG</p>	<p>Beschäftigung der Antragsteller mit Risk and safety. Ausarbeitung von Strategien im Rahmen des jeweiligen Forschungsprojekts, wie damit umgegangen werden soll</p>	<p>Langfristig</p>

<sup>5</sup> Dieses zu planende Programm könnte beispielhaft die in Anhang 4 gelisteten spezifischen Themen in konkrete Projektausschreibungen integrieren

<p>Weitere Förderung des Projekts NanoTrust des BMVIT</p>	<p>NanoTrust soll weiterhin seine ihm zugeordnete Rolle im Bereich Wissensaufbereitung und interpretativer Zusammenfassung erfüllen</p>	<p>BMVIT</p>	<p>Versachlichung eines mit Emotionen und Ängsten besetzten Themas sowie Darstellung möglicher Gesundheits- und Umweltrisiken der Nanotechnologie durch wissenschaftliche Aufarbeitung</p>	<p>Langfristig</p>
<p><b>Aktionsfeld Forschung, Forschungsbedarf</b></p>				
<p>Österreichischer Beitrag zu Förderung von Nanotechnologie im Umweltschutz: Handlungsfelder identifizieren und Prioritäten setzen. Entsprechende Strukturen nützen oder schaffen</p>	<p>Österreich sollte insbesondere jene nanotechnologischen Anwendungen fördern, die einen positiven Beitrag zum Umweltschutz zu leisten vermögen. Hierbei ist nach Möglichkeit auf bereits vorhandenes Know-how aufzubauen, Projekte mit spezifischer Relevanz für Österreich werden als besonders förderungswürdig erachtet</p>	<p>BMVIT, BMLFUW, BMWF, BMWFJ Länder</p>	<p>Die Nanotechnologie im Umweltschutz ist eingebettet in nationale und internationale Förderstrukturen; als positiv und nachhaltig evaluierte Nanotechnologien sollen angewendet werden</p>	<p>Kurz-, mittel- und langfristig</p>
<p>Stärkung von Forschung und Entwicklung</p>	<p>Stärkung und Ausbau von Wissenschaft und Forschung und der dafür notwendigen Infrastruktur von Grundlagenforschung sowie angewandter Forschung</p>	<p>BMVIT, BMWF</p>	<p>Schaffung von notwendigen Grundlagen aus Wissenschaft &amp; Forschung für Entwicklung von Produkten und Anwendungen im Bereich Nanowissenschaften / Nanotechnologien. Stärkung der Forschungskompetenz in für Österreich relevanten Anwendungsfeldern mit hohem</p>	<p>Langfristig</p>

			<p>Innovationspotenzial bzw. zum Einsatz von Nanotechnologie in etablierten Industriezweigen (inkrementelle Weiterentwicklung)</p>	
<p>Entwicklung eines europäischen Forschungsraumes bzw. Nutzen von Synergien</p>	<p>Koordination von Programmen im Bereich Forschung &amp; Entwicklung über Förderinstrument der EK (ERA-nets, JTI, Art 169)</p>	<p>BMVIT, BMWF</p>	<p>Vermeidung von Doppelgleisigkeiten. Nutzen von Synergien. Ermöglichen transnationaler Forschungsprojekte</p>	<p>Langfristig</p>
<p>Mitwirkung an Europäischen Technologieplattformen</p>	<p>Aktive Teilnahme an und Mitgestaltung von bestehenden Strukturen (z.B. SUSKAM, Nanofuture)</p>	<p>BMVIT</p>	<p>Entwickeln eines strategischen Plans im Bereich Forschung &amp; Entwicklung für Nanowissenschaften / Nanotechnologien zur Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit</p>	<p>Langfristig</p>
<p>Verantwortungsvoller Umgang mit Nanowissenschaften / Nanotechnologien im Sinne des europäischen Aktionsplans</p>	<p>Verhaltenskodex für verantwortungsvolle Forschung als freiwilliger strategischer Leitfaden</p>	<p>BMVIT, BMWF</p>	<p>Verantwortungsvolle Forschung im Bereich der Nanowissenschaften und -technologien, sowie verantwortungsvoller Umgang mit neuartigen Technologien</p>	<p>Langfristig</p>
<p>Nutzung europäischer und nationaler Forschungsinfrastrukturen</p>	<p>Verstärkte Nutzung von Forschungsinfrastrukturen sowie der Implementierung auf Basis der ESFRI-Roadmap</p>	<p>BMWF</p>	<p>Stärkung der europäischen Kompetenzen in Wissenschaft und Forschung</p>	<p>Langfristig</p>

Erhöhung der nationalen und internationalen Sichtbarkeit	In für Österreich relevanten Schwerpunktfeldern ist eine Berücksichtigung der internationalen FTE-Politik, EU-Schwerpunkte und strategische Ausrichtung der europäischen Technologieplattformen von Bedeutung	BMVIT, BMWF	Abstimmung nationaler mit internationaler F&E-Politik im Bereich Nanowissenschaften / Nanotechnologien	Langfristig
Schlüsseltechnologie	Nanotechnologie muss als Schlüsseltechnologie sowohl in Forschung & Entwicklung als auch in der Produktion aufgefasst werden  Erläuterung: Hauptproblem für KMU in der Nano-Forschung sind die meist langen Forschungszeiten und verhältnismäßig hohe Startinvestitionen. Hauptkostenpunkte: Aneignung von Know-How (z.B. Forschung, Forschungspersonal, Patente, Lizenzen u.), Forschungsinfrastruktur und Ausrüstung für Produktion im Labormaßstab (Analytik, Produktion u.ä.) sowie behördliche Auflagen (Arbeitsnehmer/Innenschutz, Expositionsüberwachung u.). Gefördert werden sollte der Ankauf von gemeinschaftlichen Geräten mehrerer Unternehmen. Auf Grund dieser Umstände sollte die öffentliche Hand bemüht sein, diese Schwierigkeiten bestmöglich abzufedern. Eine verstärkte Förderung der angewandten Forschung und Entwicklung muss angestrebt werden, um die hohen Erstinvestitionen abzufedern. Darüber hinaus wäre auf europäischer Ebene zu prüfen, ob das bestehende Patentrecht den langen Forschungszeiten entspricht (vgl. Pharmabereich).	Politik, Ministerien, Öffentlichkeit, Sozialpartner	Öffentlichkeitsarbeit verstärken	Kurz-, Mittelfristig
Technologiestandort ausbauen	Sicherung und Ausbau der europäischen und österreichischen Technologiestandorte	Politik	Bekanntnis zur immensen Bedeutung der Nanotechnologie seitens der österreichischen und europäischen Politik	Kurz-, Mittelfristig
KMU – Klein- und Mittelunternehmen stützen	In Österreich muss besonders auf die KMU-Struktur der Wirtschaft Bedacht genommen werden. In einer europäischen Diskussion muss besonders auf diese fragile, aber gleichzeitig innovative Struktur hingewiesen werden. Für diese Unternehmen sollten Verbesserungen im Förderbereich und Patentschutz ein wirkungsvoller Katalysator zu mehr Produktivität und Entwicklung sein. Damit besteht eine reale Chance, dass sich Österreich als High-Tech-Standort etablieren kann.	Politik	Stärkung der österreichischen KMU und deren Innovationskraft. Österreich als High-Tech-Standort etablieren	Mittelfristig, laufend

<p>Weiterentwicklung der Förderprogramme</p>	<p>Fortgesetzte Schwerpunktsetzung in der Nano-Forschungsförderung auf die in der Wirtschaft umsetzbaren Ergebnisse ist wünschenswert. Nanotechnologien sollte jedenfalls ein Schwerpunkt der in Entwicklung befindlichen nationalen Forschungs- und Innovationsstrategie sein.</p> <p>Förderempfehlungen auf nationaler und EU-Ebene mit dem Schwerpunkt KMU und Spin-Offs ist ein sinnvoller Schritt</p>	<p>Politik, BMVIT, BMWWF</p>	<p>Schwerpunktsetzung auf Nano bei Forschungsförderung (Österreich und EU) mit weiterem Schwerpunkt KMU und Spin-offs</p>	<p>Kurzfristig</p>
<p>Öffentlichkeitsarbeit bzgl. der Rolle von KMU im Bereich Innovation</p>	<p>Die Bedeutung von KMU für den Strukturwandel, die positiven Effekte auf Beschäftigung und Wertschöpfung sowie – ganz allgemein – auf die Position im internationalen Wettbewerb stärker im öffentlichen Bewusstsein verankern</p>	<p>Politik, Ministerien, Sozialpartner</p>	<p>Informationsoffensiven und –material sowie positive Kommunikation an die Öffentlichkeit</p>	<p>Kurz-, Mittelfristig</p>
<p>Flexiblere Förderkriterien - Projektlaufzeiten für geförderte Projekte sind oft zu kurz</p>	<p>Hier bedarf es der Entwicklung geeigneter Förderstrategien und des Einsatzes geeigneter Förderinstrumente, die der langfristigen Natur der Nano-forschung Rechnung tragen.</p> <p>Denkbar wäre ein „Meilensteinprinzip“, welches ein mehrjähriges Projekt in mehrere Abschnitte unterteilt. Beim Übergang von einem Abschnitt in den anderen müssen für eine weitere Auszahlung von Fördergeldern gewisse vereinbarte Qualitätskriterien erfüllt werden. Die Bewertung von solchen Zwischen- aber auch Endergebnissen muss jedoch gleichzeitig flexibel sein. Nicht selten sind in der Forschung „Zufallsergebnisse“ sehr wertvoll und zukunfts-trächtig. Solche Chancen sollten nicht durch ein starres Bewertungssystem verabsäumt werden.</p> <p>Die Evaluierung der Förderkriterien muss der Entwicklung in der Forschung Rechnung tragen. Grundsätzlich über-dacht werden sollte auch die Art der geförderten Projekte. Besonders sollten kleine Projekte von KMU gestützt werden, auch wenn diese ev. sehr riskant sind. Gerade solche Projekte bergen in der Regel eine enorme Innovati-onskraft. Dafür würden sich Mikroförderungen für erste „Reißbrettideen“ wie oben bereits erwähnt gut eignen. Damit könnten in einem raschen Screeningverfahren zahlreiche neue mögliche Projekte identifiziert werden. Diese sollten sodann in einem höheren Umfang gefördert werden</p>	<p>Politik, Förderstellen, BMVIT, BMWWF</p>	<p>Flexiblere For-schungsförderung sowie Förderung von „Reißbrettideen“</p>	<p>Kurzfristig, laufend</p>

<p>Evaluierung des Patentrechts und finanzielle sowie praktische Unterstützung bei patentrechtlichen Fragen</p>	<p>Besonders auf Grund der langen Projektlaufzeiten sollte das Patentrecht überprüft werden, ob es diesen längeren Entwicklungsperioden gerecht wird. Ähnlich wie im Pharma- und Pflanzenschutzmittelbereich sollten auch in bestimmten betroffenen Bereichen der Nanotechnologie Schutzbriefe für die Verlängerung des Patentschutzes vorgesehen werden. Insbesondere für KMU sollte eine umfassende Unterstützung, wie finanzielle Stützung, Beratung und Begleitung, für das Beantragen von Patenten außerhalb Österreichs erfolgen. Österreich sollte sich aktiv am Prozess der Neugestaltung des europäischen Patentrechts engagieren</p>	<p>Politik, Sozialpartner, Patentamt, Ministerien</p>	<p>Schaffung von patentrechtlichen Rahmenbedingungen, die besonders KMU zu Gute kommen</p>	<p>Mittelfristig</p>
<p>Ausgewogene Health- and Environment (H&amp;E) -Forschung mit Relevanz für Österreich</p>	<p>Bei der Vergabe von Forschungsgeldern muss bedacht werden, dass besonders Kosten für H&amp;E-Forschung ausgeglichen auf alle beteiligten Staaten verteilt werden. Daher muss die H&amp;E-Forschung international geplant und arbeitsteilig erfolgen</p>	<p>Ministerien, Politik</p>	<p>EU-weit faire und koordinierte Verteilung von Mitteln für F&amp;E-Forschung sowie Erforschung von österreich-relevanten Themengebieten</p>	<p>Ab sofort</p>
<p>Schnittstellen zwischen Wissenschaft und Wirtschaft</p>	<p>Auch wenn H&amp;E-Forschung ein nicht unwesentlicher Aspekt im Zusammenhang mit neuen Technologien ist, muss davon Abstand genommen werden, dass Österreich unverhältnismäßig hohe Mittel für diesen Zweig zur Verfügung stellt, da gerade diese Forschung nur sehr schwierig wirtschaftlich zu verwerten ist. Eine ausgeglichene EU-weite Kostenaufteilung ist eine faire Option. Grundsätzlich sollte auch ein Ziel sein, dass H&amp;E-Forschung vor allem dort stattfindet, wo sie auch für Österreich relevant ist.</p>	<p>Universitäten, BMVIT, BMWF, WKÖ, BMWFJ</p>	<p>Stärkung und Intensivierung des Wissenstransfers vom Wissenschaftler zum Unternehmer; bessere Nutzung von Innovationen; Schaffung bzw. Ausweitung entsprechender Rahmenbedingungen</p>	<p>Mittelfristig</p>
<p>Empfehlungen des österreichischen Rates für Forschungs- und Technologieentwicklung geben beispielsweise sehr interessante und fundierte Ansätze wieder. Der Fokus liegt demnach nicht nur bei einer Schnittstelle zwischen Wissenschaft und Wirtschaft, sondern beginnt schon bei der Rolle von Forschungseinrichtungen und Universitäten als guter Nährboden für unternehmerische Aktivitäten. Beste-hende Instrumente an Universitäten, wie z.B. Einrichtungen für Wissenstransfer, sollten gestärkt und intensiver beworben werden</p>	<p>Empfehlungen des österreichischen Rates für Forschungs- und Technologieentwicklung geben beispielsweise sehr interessante und fundierte Ansätze wieder. Der Fokus liegt demnach nicht nur bei einer Schnittstelle zwischen Wissenschaft und Wirtschaft, sondern beginnt schon bei der Rolle von Forschungseinrichtungen und Universitäten als guter Nährboden für unternehmerische Aktivitäten. Beste-hende Instrumente an Universitäten, wie z.B. Einrichtungen für Wissenstransfer, sollten gestärkt und intensiver beworben werden</p>	<p>Universitäten, BMVIT, BMWF, WKÖ, BMWFJ</p>	<p>Stärkung und Intensivierung des Wissenstransfers vom Wissenschaftler zum Unternehmer; bessere Nutzung von Innovationen; Schaffung bzw. Ausweitung entsprechender Rahmenbedingungen</p>	<p>Mittelfristig</p>

<p>Gerade die Verknüpfung von technisch naturwissenschaftlichen Aspekten mit „Entrepreneurship-Know How“ wird hier als essenziell gesehen. In der Folge ist es wichtig und sinnvoll, „Forschertum“ und Unternehmertum in professioneller Weise zusammenzuführen, wobei beispielsweise patentrechtliche Rahmenbedingungen zu einer Optimierung dieser Kooperationen führen können. Auch der interdisziplinäre Faktor ist von größter Bedeutung</p>				
Grundlagenforschung	<p>Schwerpunktmäßiger Ausbau der österreichische Grundlagenforschung zu Nanotechnologie an Universitäten und anderen relevanten Institutionen</p>	Politik, BMVIT, BMWF, Universitäten	Stärkung und bessere Finanzierung der Grundlagenforschung	Mittelfristig
Venture Capital (Risikokapital)	<p>Die Voraussetzungen für die Finanzierung durch Risikokapital sind in Österreich ungünstig. Gerade wo es sich um eine nur langfristig erfolgreiche Forschung &amp; Entwicklung handelt ist einerseits eine klare Trennung zwischen der öffentlich finanzierten Grundlagenforschung einerseits und einer durch Venture-Capital und Private Equity (VC/PE) angewandten Forschung und Entwicklung andererseits zu unterscheiden. In diesem Zusammenhang kommt der Verbesserung der Rahmenbedingungen für VC/PE finanzierte Unternehmen hohe Bedeutung zu.</p> <p>Im Vergleich zu beispielsweise den USA ist auch für kommerzielle Entwicklungsprojekte mit hohem Wachstumspotenzial kein entsprechendes Venture-Capital vorhanden. Im Gegensatz zu den USA, wo im Allgemeinen ein wesentlicher Teil der Forschung im militärischen Bereich und in der Raumfahrt angesiedelt ist, sollte für Österreich eine zivile Nutzung der Nanotechnologie Vorrang haben. Gerade deshalb ist es umso bedeutsamer, dass die öffentliche Hand sich im Bereich der Seed- und Early-Stage-Finanzierung engagiert.</p>	Politik, BMWFJ, BMF, WKÖ	Stärkung von bzw. Erleichterung für Risikokapital-Finanzierungen. Anreize schaffen	Mittelfristig
Analyse des Steuersystems	<p>Die Weiterentwicklung der steuerlichen Forschungsförderung (Prämie) ist zu prüfen</p>	BMVIT, BMWF, BMWFJ, BMF, WKÖ	Unternehmerische Forschungsausgaben erhöhen	Mittelfristig



Der vorliegende Aktionsplan Nanotechnologie, insbesondere der hier formulierte Handlungsbedarf sowie die Empfehlungen, wird im Jahr 2012 einem Monitoring unterzogen. Um die laufende Inangriffnahme bzw. Umsetzung dieser Empfehlungen zu beobachten und diese letztlich für einen Fortschrittsbericht zu evaluieren, sollte eine Lenkungsgruppe bestehend aus Behörden, Sozialpartnern sowie Akteuren/innen des Aktionsplans eingesetzt werden. Diese Lenkungsgruppe sollte im Verlauf des Jahres 2010 konstituiert werden.



## TEIL 3 UMFELDANALYSEN

### 3.1 GESUNDHEIT UND ARBEITNEHMER/INNENSCHUTZ

Die Nanotechnologie gilt als Hoffungsgebiet und wird oft als Zukunftstechnologie des beginnenden 21. Jahrhunderts gesehen. Mögliche Anwendungsfelder liegen insbesondere im Medizin- und im Gesundheitsbereich, aber auch im Lebensmittel- und Verpackungssektor sowie bei Umwelt und Energie. Der Einsatz nano-skaliger Stoffe ist in einigen Anwendungsgebieten nicht unbedingt neu; durch neue Einsatzbereiche kommen aber mehr Menschen mit Nanomaterialien in Kontakt. Zusätzliche Nano-Arbeitsplätze werden möglicherweise geschaffen. Die Anwendung von nano-skaligen Materialien bzw. nanotechnologischen Prozessen wird zweifellos Auswirkungen auf die österreichische Arbeitsplatzsituation im Hinblick auf Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit sowie für die österreichische Bevölkerung allgemein im Hinblick auf neuartige Produkte haben. Ziel der Arbeitsgruppe Gesundheit inkl. Arbeitnehmer/innenschutz war es, diese Auswirkungen näher zu beleuchten. Der Leitgedanke dabei war der vorsorgliche Gesundheitsschutz.

#### Situation in Österreich

Die aktuelle Ist-Situation in Österreich im Bereich Nanotechnologien und Gesundheit bzw. Arbeitnehmer/innenschutz wird im Folgenden anhand der Aktivitäten einzelner Institutionen genauer dargestellt.

#### **Bundesministerium für Gesundheit (BMG)**

Bedienstete des BMG waren und sind im Rahmen ihrer Mitarbeit in Arbeitsgruppen des Europäischen Rates an der Entstehung folgender Europäischer Verordnungen beteiligt, in denen explizit auf die Nanotechnologie und Nanomaterialien eingegangen wird: Zusatzstoff-Verordnung, Novel-Food-Verordnung bzw. Kosmetik-Verordnung. Weiters erfolgen Beteiligungen an diversen nationalen und europäischen Initiativen bzw. Projekten, wie beispielsweise „risiko:dialog Nanotechnologie“, die österreichische Nano-Informationsplattform sowie am europäischen „Safety for Success Dialogue“ (Oktober 2008) bzw. am „Exploratory meeting of bodies and experts involved in nanotechnology risk assessment“ (März 2009). Darüber hinaus besteht eine Mitarbeit der im Auftrag des Bundesamts für Sicherheit im Gesundheitswesen tätigen Bediensteten der AGES/PharmMed; insbesondere in den Arbeitsgruppen „Quality“, „Biotechnology“ und „Scientific Advice“ sowie im „Committee for Advanced Therapies“. Auf dem Sektor Medizinprodukte erfolgt die Mitwirkung an der EU-Arbeitsgruppe „New and Emerging Technologies in Medical Devices“. Schwerpunkte der Tätigkeit dieser Gruppe waren die Identifizierung der Hauptrisiken der Nanotechnologie sowie die Überprüfung der bestehenden Regulative in Hinblick auf die mit dieser Technologie verbundenen Risiken.

#### **Bundesministerium für Arbeit, Soziales und Konsumentenschutz (BMAK)**

Das BMAK ist durch Bedienstete der Sektion VII, Zentral-Arbeitsinspektorat, auf nationaler Ebene im Netzwerk der Nanotechnologie-Plattform integriert und nimmt die Interessen des Arbeitnehmer/innenschutzes wahr. In dieser Rolle ist das Zentralarbeitsinspektorat auch an der Erstellung des österreichischen Nanotechnologie-Aktionsplans beteiligt. Nanotechnologien im Arbeitnehmer/innenschutz werden auch bei internen Veranstaltungen der Arbeitsinspektion thematisiert und die entsprechenden Kompetenzen gestärkt. Weiters nimmt das Zentral-Arbeitsinspektorat an Veranstaltungen teil, wo die Verwendung von Nanomaterialien in der Arbeitswelt thematisiert wird, beispielsweise an der Herbst-Tagung der AUVA 2008. Auch

internationale einschlägige Konferenzen werden besucht, z.B. die NANOSH-Konferenz in Helsinki 2007 sowie die Folgekonferenz 2009. Ebenso erfolgt der Informationsaustausch mit Behörden deutschsprachiger Länder, beispielsweise über den Behördendialog 2009 in Bern.

### **Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit (AGES)**

Zu den Aufgaben der AGES gehören die Sicherstellung der Gesundheit und die kontinuierliche Verbesserung der Wirksamkeit der Systeme zur Gesunderhaltung von Mensch, Tier und Pflanze. Die AGES ist auch österreichischer Focal Point bei der Europäischen Lebensmittelsicherheitsbehörde. Weitere Kernaufgaben der AGES sind die präventive bzw. im Anfall retrospektive Risikobewertung entlang der gesamten Lebensmittelkette, die Entwicklung und Anwendung statistischer Methoden zur effizienten und die wissenschaftlichen Bewertung von Risiken für die Gesundheit von Mensch, Tier und Pflanze sowie der Aufbau von Risikodatenbanken. Da im Lebensmittelbereich auch Nanomaterialien eingesetzt werden, sind einschlägige Risiko/Nutzenerwägungen zu erstellen.

Zu den Aktivitäten der AGES im Bereich der Lebensmittelkette und Arzneimittel und Nanotechnologien zählen u.a. der Aufbau einer AGES-internen bereichsübergreifende Nano-Task Force (Bereiche Daten, Statistik und Risikobewertung, Lebensmittel, Landwirtschaft, Kompetenzzentren Analytik, PharmMed, Kommunikation). Weiters hat die AGES mehrere Veranstaltungen zu Nanotechnologie in Lebensmitteln oder Medizin (mit)organisiert und war am „risiko:dialog Nanotechnologie“ beteiligt. Die AGES arbeitet auch an der Informationsplattform Nanotechnologie mit.

International verfügt die AGES über ihre direkten Kontakte zur Europäischen Lebensmittelsicherheitsbehörde EFSA auch über Einblick in die laufenden Arbeiten auf Ebene der Europäischen Kommission und ihrer beratenden Ausschüsse zum Thema Lebensmittelsicherheit und Nanotechnologien.

### **Bundeskanzleramt**

Die Bioethikkommission beim Bundeskanzleramt hat im Juni 2007 eine Stellungnahme zum Thema Nanotechnologie verabschiedet.<sup>6</sup>

### **Allgemeine Unfallversicherungsanstalt (AUVA)**

Die AUVA hat in Österreich einen gesetzlichen Auftrag zur Prävention von Berufskrankheiten und Arbeitsunfällen zu erfüllen. Darüber hinaus ist auch die Prävention arbeitsbedingter Krankheiten ein Anliegen der AUVA und wird in Projekten und anderen Aktivitäten umgesetzt. Seit mehreren Jahren wird in der AUVA das Thema „gesundheitliche Auswirkungen von ultrafeinen Stäuben/Nanomaterialien am Arbeitsplatz“ durch Vorträge bei einschlägigen Veranstaltungen beleuchtet, z.B. bei den Jahrestagungen der Österreichischen Gesellschaft für Arbeitsmedizin. In wissenschaftlichen Publikationen wurde darüber gearbeitet.

Ein 2007 gestartetes Projekt befasst sich mit Belastungsprofilen in Nanopartikel- bzw. Nanotubeherstellenden und -bearbeitenden Industriebranchen, sowie Auswirkungen auf menschliche Zellen. Über die österreichische Staub und Silikosebekämpfungsstelle (ÖSBS<sup>7</sup>) verfügt die AUVA auch über Expertise im Bereich von Expositionsmessungen am Arbeitsplatz. Weiters ist die AUVA in zahlreichen internationalen Gremien vertreten, beispielsweise in der Internationalen Vereinigung für soziale Sicherheit (IVSS), wo Nanotechnologien im Zusammenhang mit Arbeitnehmer/innenschutz einen der thematischen Schwerpunkte bildet.

### **BioNanoNet Forschungsgesellschaft mbH**

Die BioNanoNet ist Markeninhaber des European Center for Nanotoxicology<sup>8</sup>, welches sich mit der Entwicklung, Implementierung und Durchführung von standardisierten in-vitro und in-vivo Verfahren zur Untersuchung der Humantoxizität von nanostrukturierten Materialien beschäftigt. Nanostrukturierte Materialien werden systematisch auf potenzielle toxikologische

<sup>6</sup> [www.bundeskanzleramt.at/DocView.axd?CobId=23987](http://www.bundeskanzleramt.at/DocView.axd?CobId=23987)

<sup>7</sup> [www.oesbs-leoben@auva.at](mailto:www.oesbs-leoben@auva.at)

<sup>8</sup> [www.euro-nanotox.at](http://www.euro-nanotox.at)

Effekte untersucht, ebenso werden mechanistische Untersuchungen zur Toxizität dieser Materialien durchgeführt (siehe dazu auch Website). Mit zahlreichen wissenschaftlichen Publikationen zum Thema Sicherheit von Nanomaterialien, mit Vorträgen bei nationalen und internationalen Veranstaltungen oder in der einschlägigen Weiterbildung erfolgt eine aktive Teilnahme an der österreichischen Diskussion zu Nanotechnologien. BioNanoNet war einer der Themenpartner des „risiko:Dialog Nanotechnologie“. Schließlich ist Bionanonet Ko-Koordinator des Verbundprojektes Nano-Health-Nanotechnologien und Humantoxikologie.

### **Bundesarbeitskammer**

Die Kammern für Arbeiter und Angestellte vertreten als gesetzliche Interessenvertretung die Anliegen von drei Millionen Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmern. Die Arbeiterkammern sind nach dem Arbeiterkammergesetz berufen, die sozialen, wirtschaftlichen, beruflichen und kulturellen Interessen der Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer zu vertreten und zu fördern. Die Fachabteilungen, die sich mit Nanotechnologie befassen, arbeiten auf nationaler, europäischer und internationaler Ebene, um vor und bei Einführung dieser Technologie auf höhere Standards bei Sicherheit und Gesundheit in der Arbeitswelt zu achten, damit die konkreten Arbeitsbedingungen verbessert werden.

### **Österreichische Akademie der Wissenschaften, Institut für Technikfolgen-Abschätzung – ITA**

Das ITA befasst sich über das Projekt NanoTrust<sup>9</sup> mit möglichen Gesundheits- und Umwelt-risiken sowie gesellschaftlichen Aspekten der Nanotechnologien. NanoTrust war an der Planung, Organisation und Durchführung von verschiedenen Tagungen beteiligt, die mögliche Risiken der Nanotechnologien zum Thema hatten, beispielweise BionanoMed 2009 oder Viennano 2009. Weiters wurden bislang drei eigene NanoTrust-Tagungen veranstaltet, die NanoTrust Herbsttagung 2007, 2008 und 2009, wo es jeweils um „Standortbestimmung“ im Bereich Nanotechnologien ging. Das ITA bietet gemeinsam mit Partnern eine öffentlich zugängliche Literaturliteraturdatenbank zu den Themen Nanotechnologien und ihre Folgen im weiteren Sinn an.<sup>10</sup> NanoTrust veröffentlicht laufend über die Website zu beziehende sogenannte Dossiers. Dabei handelt es sich um kurze, leicht fassliche, wissenschaftlich fundierte Informationen zu Nanotechnologien und ihren Auswirkungen.

### **PPM forschung + beratung**

PPM forschung + beratung ist eine unabhängige, interdisziplinär arbeitende Forschungs- und Beratungseinrichtung im Bereich Arbeitnehmer/innenschutz. In diesem Rahmen ist PPM an nationalen und internationalen Projekten beteiligt sowie in der Ausbildung von Präventivfachkräften (Arbeitsmediziner/innen, Sicherheitsfachkräfte) in Österreich tätig.

Im Bereich Nanotechnologien war PPM österreichischer Projektpartner im EU-Projekt NanoCap. Ziel dieses Projekts war die Kompetenzbildung bei Gewerkschaften und Umwelt-NGOs, um sich für einen verantwortungsbewussten Umgang mit Nanotechnologien einsetzen zu können. In Österreich wurde mit ÖGB und Gewerkschaften der Schwerpunkt Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit im Zusammenhang mit Nanotechnologien entwickelt und verankert. Als Zugang zu Informationen ist eine österreichische NanoCap-Website<sup>11</sup> eingerichtet (Verknüpfung mit dem Gesundheitsportal des ÖGB<sup>12</sup>). Unter Mitarbeit von NanoCap wurde eine Resolution des Europäischen Gewerkschaftsbundes (ETUC) zu Nanotechnologien und Nanomaterialien erarbeitet und veröffentlicht.<sup>13</sup>

Nano-Themen werden auch bei verschiedenen gewerkschaftlichen und anderen Veranstaltungen behandelt, auch auf internationaler Ebene, beispielsweise im Rahmen eines Workshops bei der 11. Konferenz des European Work Hazards Networks (Bologna, Oktober 2008). Weiterbildungsaktivitäten richteten sich unter anderem auf Sicherheits-

<sup>9</sup> [www.NanoTrust.ac.at](http://www.NanoTrust.ac.at)

<sup>10</sup> <http://NanoTrust.ac.at/literatur>

<sup>11</sup> [www.nanoinfo.at](http://www.nanoinfo.at)

<sup>12</sup> <http://netzwerke.oegb.at/gesundearbeit>

<sup>13</sup> [www.ppm.at/nanoinfo/inhalte/egb.htm](http://www.ppm.at/nanoinfo/inhalte/egb.htm)

vertrauenspersonen (11/2007) oder Präventivkräfte (Arbeitsmedizinischer Kurs der Linzer Akademie für Arbeitsmedizin und Sicherheitstechnik, 6/2008).

### **Umweltbundesamt GmbH**

Die Umweltbundesamt GmbH ist national und international in Projekten und Arbeitsgruppen vertreten, die die kritische Begleitung der Entwicklung der Nanotechnologien betreffen; beispielsweise „Initiative risiko:dialog“, „NanoImpactNet“ (European Network on Health and Environmental Impact of Nanomaterials) oder entsprechende Twinningprojekte. Im Auftrag des Lebensministeriums nimmt die Umweltbundesamt GmbH weitere Aufgaben im Bereich der EU-REACH Competent Authorities wahr und ist damit mit der Weiterentwicklung der REACH-Verordnung im Bereich Nanomaterialien befasst. Weiters wird in der OECD-Working Party on Manufactured Nanomaterials unter anderem an der Testmethodenentwicklung für Nanomaterialien mitgearbeitet.

### **Verein für Konsumenteninformation (VKI)**

Die Arbeit des VKI hat zwei Stoßrichtungen: die eine ist der Konsumentenschutz, die andere die Konsumenteninformation. Bezüglich der Nanotechnologien besteht zurzeit und aller Voraussicht nach auch in den nächsten Jahren in beiden Bereichen Handlungsbedarf.

VKI-Aktivitäten reichen von Publikationen über die Mitarbeit bei internationalen Konsumentenschutzorganisationen (BEUC und TACD<sup>14</sup>) bis zur Mitarbeit an konkreten Projekten (NanoRate-Bewertung von Nanoprodukten<sup>15</sup>). Bei künftigen Entwicklungen (bzw. Überarbeitungen) von Kriterien für Umweltzeichen werden gegebenenfalls Nanomaterialien berücksichtigt.

### **Wirtschaftskammer Österreich (WKÖ)**

Die WKÖ ist die gesetzliche Interessenvertretung aller in Österreich tätigen gewerblichen Unternehmungen. Deren Zielsetzung ist Unternehmen zu informieren, zu unterstützen und zu vertreten. Wesentliche Ziele sind gleiche Rahmenbedingungen im europäischen Binnenmarkt, eine nachhaltige und ressourcenschonende wirtschaftliche, technologische und gesellschaftliche Entwicklung sowie eine selbstbestimmte, aber faire und soziale Marktwirtschaft.

Aus diesen Perspektiven ist die Nanotechnologie für den Standort Österreich sehr wichtig und in vielen Bereichen eine immense Chance. Diese Technologie wird durch die WKÖ bestmöglich gefördert und ihren Unternehmen näher gebracht. Aufklärung erfolgt über technische und angewandte Möglichkeiten sowie Notwendigkeiten im Bezug auf die Anwendungs- und Produktsicherheit. Diese Ziele werden durch allgemeine Angebote zu diversen relevanten Bereichen wie Elektronik, Kosmetik, Chemikalienrecht uä. erreicht. Gleichzeitig werden aber auch spezifische Angebote unmittelbar zum Thema Nanotechnologie angeboten. Ein besonderer Schwerpunkt ist die Förderung von Forschung und Wissenschaft aber auch dort, wo eine einheitliche europäische Regelung von nanotechnologischen Produkten notwendig ist. Von nanospezifischen Gesetzgebungen distanziert sich die WKÖ, da eine solche auf Grund der Heterogenität von nanotechnologischen Produkten nicht sinnvoll ist. Vielmehr sollen bestehende Gesetzgebungen adaptiert sowie freiwillige Maßnahmen gefördert werden. Besonders im Bezug auf den Arbeitnehmer/innenschutz sind dies zB. gerade laufende Arbeiten an Industrieleitfäden zum sicheren Umgang von Nanopartikeln. Die WKÖ unterstützt darüber hinaus gemeinschaftliche Anstrengungen in unterschiedlichen Belangen zur Nanotechnologie, da nur so Ressourcen bestmöglich eingesetzt werden können. Von nationalen Alleingängen wird auf Grund der Schwächung des Standortes Österreich eindringlich abgeraten.

Mit ihren Fachorganisationen ist die WKÖ in betroffenen Bereichen intensiv auf europäischer Ebene an Diskussionen und Arbeiten beteiligt. Innerhalb Österreichs ist sie ein Dialogpartner im Rahmen dieses Nationalen Aktionsplans Nanotechnologie und auch darüber hinaus.

---

<sup>14</sup> BEUC: The European Consumer Organisation; TACD: Trans Atlantic Consumer Dialogue

<sup>15</sup> <http://nenanet.at/index.php/article/articleview/1471/1/78>

## Gesetzliche Regelungen

Derzeit sind weder auf nationaler noch auf europäischer Ebene spezifische Regelungen für Nanomaterialien in verbrauchernahen Produkten anzuwenden. Für die in Lebensmitteln zugelassenen Zusatzstoffe, wie beispielsweise Titandioxid (E171) oder Siliziumdioxid (E551), die in Verpackungsmaterialien, Nahrungsergänzungsmitteln und im kosmetischen Bereich eingesetzt werden, sind keine Partikelgrößen festgelegt. Es existieren jedoch bereits Verhaltenscodices, unter anderem auch von der Europäischen Kommission, die Empfehlungen für einen verantwortungsvollen Umgang mit Nanowissenschaften und Nanotechnologien von Behörden, Unternehmen, Forschungsinstitutionen und Organisationen auf freiwilliger Basis aussprechen.

Soweit nicht spezifische Rechtsvorschriften anzuwenden sind, gelten bezüglich des gesundheitlichen Verbraucherschutzes für Nanomaterialien, die in verbrauchernahen Produkten enthalten sind, die entsprechenden gesetzlichen Regelungen.

### Lebensmittel

Das Inverkehrbringen von Lebensmitteln und Lebensmittelzutaten, bei deren Herstellung ein nicht übliches Verfahren angewandt worden ist und bei denen dieses Verfahren eine bedeutende Veränderung ihrer Zusammensetzung oder der Struktur bewirkt hat, ist in der Europäischen Gemeinschaft durch die Verordnung (EG) Nr. 258/97 (Verordnung über neuartige Lebensmittel) geregelt. Diese Veränderungen müssen dabei eine Auswirkung auf ihren Nährwert, den Stoffwechsel oder die Menge unerwünschter Stoffe im Lebensmittel haben. Von dieser gesetzlichen Regelung sind auch neuartige Lebensmittel und Lebensmittelzutaten erfasst, die über nanotechnologische Verfahren hergestellt werden. Zudem ist die Zulassung neuartiger Lebensmittel auch an spezielle Kennzeichnungserfordernisse geknüpft.

Werden die Nanomaterialien in Lebensmitteln lediglich zu technologischen Zwecken eingesetzt, so fallen sie in den Geltungsbereich der Rahmenrichtlinie 89/107/EWG über Lebensmittelzusatzstoffe. Voraussetzung für die rechtmäßige Verwendung eines derartigen Zusatzstoffes ist ein Zulassungsverfahren, das auch Sicherheitsaspekte umfasst.

In Fällen der Nichtanwendbarkeit der bisher erwähnten Rechtsmaterien gilt Artikel 14 der Allgemeinen Lebensmittelverordnung 178/2002/EWG, wonach nicht sichere Lebensmittel prinzipiell nicht in Verkehr gebracht werden dürfen. Für die Sicherheit der Produkte ist dabei in erster Linie der Lebensmittelunternehmer verantwortlich.

### Lebensmittelverpackung- und Kontaktmaterialien

Die Verwendung von Nanomaterialien in Lebensmittelverpackungen fällt in den Regelungsrahmen der Verordnung (EG) 1935/2004 über Materialien und Gegenstände, die dazu bestimmt sind, mit Lebensmitteln in Berührung kommen. Für bestimmte Gruppen von Materialien und Gegenständen sowie gegebenenfalls für Kombinationen daraus können sog. Einzelmaßnahmen erlassen werden. Durchführungsbestimmungen betreffend besondere Anforderungen an aktive und intelligente Materialien und Gegenstände werden demnächst erlassen. Aktive Materialien und Gegenstände sind dazu bestimmt, die Haltbarkeit eines verpackten Lebensmittels zu verlängern oder dessen Zustand zu erhalten bzw. zu verbessern. Hingegen wird mit Hilfe intelligenter Materialien und Gegenstände der Zustand eines verpackten Lebensmittels oder die das Lebensmittel umgebende Umwelt überwacht.



### **Kosmetika**

Beim Einsatz von Nanopartikeln in kosmetischen Mitteln muss gemäß der Verordnung über Kontrollmaßnahmen betreffend kosmetische Mittel<sup>16</sup> der Hersteller oder der Importeur die Sicherheit des Produkts vor dessen Inverkehrbringen bewerten und dies dokumentieren. Diese Bewertung muss "das allgemeine toxikologische Profil der Bestandteile, ihren chemischen Aufbau und ihren Grad der Exposition" berücksichtigen. Im Zuge der Marktüberwachung wird diese Sicherheitsbewertung überprüft.

### **Arzneimittel**

Die Nanotechnologie ist im Zusammenhang mit Arzneimitteln sicherlich nicht in der selben Art zu bewerten wie bei ihrer Anwendung bei Lebensmitteln, Kosmetika, Gebrauchsgegenständen oder ähnlicher Einsatzgebiete. Einer Anwendung von Arzneimitteln (Ausnahme Selbstmedikation mit rezeptfreien Präparaten) geht in der Regel eine ärztliche Untersuchung mit entsprechender Diagnostik und Nutzen/Risiko-Bewertung voran. Es handelt sich somit um eine bewusste und individuelle Anwendung und nicht um eine mehr oder minder ungezielte, unbeabsichtigte oder unbewusste Exposition.

Prinzipiell ist festzuhalten, dass auf Grund des Europäischen Gemeinschaftsrechts Arzneimittel, die nanotechnologisch hergestellte oder verarbeitete Inhaltsstoffe enthalten, einem zentralisierten Zulassungsverfahren zu unterwerfen sind.<sup>17</sup> Außerdem ist im Zulassungsverfahren jedes Arzneimittels stets seitens der Zulassungsbehörde der Nachweis der Qualität, der Wirksamkeit und der Unbedenklichkeit einzufordern und zu überprüfen, sodass potenzielle Risiken aus der Anwendung von Nanotechnologie im Zuge eines solchen Zulassungsverfahrens darzulegen und zu bewerten sind.

### **Medizinprodukte**

Inverkehrbringen sowie Zulassung von Medizinprodukten sind europaweit einheitlich durch drei EU-Richtlinien für Medizinprodukte geregelt: Richtlinie 90/385/EWG für aktive implantierbare medizinische Geräte; Richtlinie 93/42/EWG für Medizinprodukte bzw. Richtlinie 98/79/EG für In-vitro-Diagnostika. Diese Richtlinien wurden in Österreich durch das Medizinproduktegesetz<sup>18</sup> in nationales Recht umgesetzt.

## **Neue Entwicklungen auf EU Ebene**

### **Kosmetika**

In der neuen EU-Kosmetikverordnung, auf die sich die europäischen Institutionen im Frühjahr 2009 geeinigt haben, findet sich erstmalig eine Definition von synthetischen Nanomaterialien (engineered nanomaterials): "Nanomaterial: ein unlösliches oder biologisch beständiges und absichtlich hergestelltes Material mit einer oder mehreren äußeren Abmessungen oder einer inneren Struktur in einer Größenordnung von 1 bis 100 Nanometern." Diese Definition wird nach Maßgabe der wissenschaftlichen Entwicklung und des technischen Fortschritts aktualisiert werden.

Kosmetische Mittel, die Nanomaterialien enthalten, müssen sechs Monate vor ihrer Vermarktung von der verantwortlichen Person/Stelle an die Europäische Kommission gemeldet und dürfen nur dann in Verkehr gebracht werden, wenn keine gesundheitlichen Bedenken bestehen. Die Verordnung wird 42 Monate nach ihrer Veröffentlichung im Europäischen Amtsblatt anwendbar, die Veröffentlichung wird für Ende 2009 oder Anfang 2010 erwartet. Produkte, die bis sechs Monate vor diesem Zeitpunkt erstmalig in Verkehr

---

<sup>16</sup> BGBl 1996/168 idgF und BGBl II 2005/92, in Umsetzung der Richtlinie 76/768/EWG

<sup>17</sup> Verordnung (EG) Nr. 726/2004 zur Festlegung von Gemeinschaftsverfahren für die Genehmigung und Überwachung von Human- und Tierarzneimitteln und zur Errichtung einer Europäischen Arzneimittel-Agentur

<sup>18</sup> Medizinprodukte-Gesetz BGBl. Nr. 675/1996 idgF

gebracht wurden, sind ebenfalls der Europäischen Kommission zu melden. Bei Vorliegen gesundheitlicher Bedenken wird das weitere Inverkehrbringen untersagt.

Alle Bestandteile in der Form von Nanomaterialien müssen eindeutig in der Liste der Bestandteile aufgeführt werden. Den Namen dieser Bestandteile muss das Wort "Nano" in Klammern folgen.

Die Kommission stellt zudem 48 Monate nach Inkrafttreten der Verordnung einen Katalog aller Nanomaterialien in kosmetischen Mitteln zur Verfügung. In einem gesonderten Bereich auch solche, die als Farbstoffe, UV-Filter und Konservierungsstoffe auf den Markt gebracht wurden, in dem die Kategorien der kosmetischen Mittel und die vernünftigerweise vorhersehbaren Expositionsbedingungen aufgelistet werden. Dieser Katalog muss regelmäßig aktualisiert und danach öffentlich zugänglich gemacht werden. Die Europäische Kommission legt dem Europäischen Parlament und dem Rat außerdem einen jährlichen Sachstandsbericht vor, der Informationen über die Entwicklungen bei der Verwendung von Nanomaterialien in kosmetischen Mitteln enthält, einschließlich solcher, die als Farbstoffe, UV-Filter und Konservierungsstoffe verwendet werden. Der aktualisierte Bericht umfasst insbesondere neu gemeldete Nanomaterialien in neuen Produktkategorien, die Anzahl der Meldungen, den Fortschritt bei der Entwicklung spezifischer Bewertungsverfahren für Nanomaterialien, Leitlinien für die Sicherheitsbewertung sowie Informationen über internationale Kooperationsprogramme. Die Europäische Kommission überprüft regelmäßig unter Berücksichtigung des wissenschaftlichen Fortschritts die Nanomaterialien betreffenden Bestimmungen dieser Verordnung und schlägt gegebenenfalls entsprechende Änderungen der Bestimmungen vor.

#### **Lebensmittelzusatzstoffe**

Die neue Verordnung (EG) Nr. 1333/2008 über Lebensmittelzusatzstoffe ist am 16. Dezember 2008 im Europäischen Amtsblatt erschienen. Danach dürfen nur jene Lebensmittelzusatzstoffe in Verkehr gebracht und unter festgelegten Bedingungen in Lebensmitteln verwendet werden, die in den auf europäischer Ebene harmonisierten Positivlisten aufgeführt sind. Wenn bei einem Lebensmittelzusatzstoff, der bereits in der Gemeinschaftsliste aufgeführt ist, sein Produktionsverfahren, die verwendeten Ausgangsstoffe oder die Partikelgröße z.B. durch die Anwendung der Nanotechnologie geändert wird, benötigt dieser Lebensmittelzusatzstoff einen neuen bzw. geänderten Eintrag vor dem In-Verkehr-Bringen.

#### **Neuartige Lebensmittel**

Über den Vorschlag für eine Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates über neuartige Lebensmittel konnte in erster Lesung noch kein Einvernehmen zwischen den Institutionen der Gemeinschaft erzielt werden. Der aktuelle Kompromissvorschlag (Stand 30. Mai 2009) der tschechischen Ratspräsidentschaft besteht auf Initiative des Europäischen Parlaments und Österreichs aus folgenden Elementen: In die Begriffsbestimmungen der Verordnung wird eine Definition von „*engineered nanomaterials*“ aufgenommen. Diese soll international abgestimmt und regelmäßig aktualisiert werden. Lebensmittel, die aus synthetischen Nanomaterialien bestehen bzw. Nanomaterialien enthalten, unterliegen als eine eigene Kategorie der Zulassungspflicht.

#### **Arbeitnehmer/innenschutz**

Die Rechtsvorschriften des Arbeitnehmer/innenschutzes sollen den Schutz des Lebens und der Gesundheit der Arbeitnehmer/innen bei ihrer beruflichen Tätigkeit gewährleisten. Vorschriften zum Schutz von arbeitenden Menschen regeln beispielsweise den Umgang mit gefährlichen Arbeitsstoffen (z.B. giftigen Chemikalien), den Einsatz gefährlicher Maschinen und Werkzeuge, Belastungen durch Arbeitsvorgänge und andere Einwirkungen wie z.B. Lärm oder die Unterweisung und arbeitsmedizinischen Untersuchungen. Das Ziel des modernen Arbeitsschutzes ist die Prävention. Maßnahmen zur Verhinderung/Verringerung der



Wahrscheinlichkeit von gesundheitlichen Schädigungen oder Unfällen sind damit zentrales Anliegen des Arbeitnehmer/nnenschutzes.

Diesbezügliche Verpflichtungen treffen primär den/die Arbeitgeber/in (AG). Diese haben in Bezug auf alle Aspekte, die die Tätigkeit der Arbeitnehmer/innen betreffen, für deren Sicherheit und Gesundheitsschutz zu sorgen. Damit diese Bemühungen effektive und nachhaltige Wirkungen zeigen, hat der/die AG eine geeignete Arbeitsschutz-Organisation bereitzustellen. Präventivfachkräfte (Arbeitsmediziner/innen sowie Sicherheitsfachkräfte) unterstützen dabei den/die AG mit ihrer Expertise.

Im Folgenden findet sich ein Auszug jener Rechtsvorschriften, die für den sicheren Umgang mit Nanomaterialien relevant sind:

Das Arbeitnehmer/innenschutzgesetz (ASchG) gilt für die Beschäftigung von Arbeitnehmer/innen (alle Personen, die innerhalb eines Beschäftigungs- oder Ausbildungsverhältnisses tätig sind). Es trifft grundsätzliche Aussagen zu Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz. Im vierten Abschnitt dieses Gesetzes steht die Verwendung gefährlicher Arbeitsstoffe im Vordergrund. Für den Umgang mit Nanomaterialien am Arbeitsplatz gilt das ASchG.

Die Grenzwerteverordnung legt fest, welche Konzentration eines gefährlichen Arbeitsstoffes am Arbeitsplatz keinesfalls überschritten werden darf (MAK-Werte, TRK-Werte). Derzeit gibt es keine spezifischen Grenzwerte für Nanomaterialien. Sofern die toxikologischen und arbeitsmedizinischen Kenntnisse dafür ausreichend sind, könnten solche jedoch hier verankert werden.

Die Verordnung explosionsfähige Atmosphären regelt den Explosionsschutz am Arbeitsplatz. Der Umgang mit brennbaren Nanomaterialien kann bei staubförmiger Verteilung und entsprechender Staubmenge jedenfalls auch zu Explosionsgefahr führen, die zu berücksichtigen ist.

Auch die Umsetzung des EU-Chemikalienrechtes, insbesondere der REACH-Verordnung<sup>19</sup>, wird in der Praxis auf den Arbeitnehmer/innenschutz in Österreich Auswirkungen haben. Diese Verordnung regelt die Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe und gilt damit auch für Stoffe in ihrer Nanoform. Es bestehen daher für Hersteller/innen oder Importeure/innen von Nanomaterialien alle Verpflichtungen nach dieser Verordnung. Insbesondere besteht die Verpflichtung zur „Registrierung“ von Stoffen. Im Rahmen dieser Registrierung sind auch konkrete Informationen über die sichere Verwendung gefährlicher Stoffe am Arbeitsplatz zu ermitteln und an die Verwender/innen über das Sicherheitsdatenblatt weiterzugeben. Durch Art. 32 der REACH-Verordnung wurde ein weiteres Kommunikationsinstrument eingeführt, welches unter anderem auch für nanoskalige Partikel genutzt werden könnte. Die Informationsverpflichtung gilt für Stoffe oder Gemische, die zwar nicht als gefährlich eingestuft sind, jedoch trotzdem Risikomanagementmaßnahmen erforderlich machen. Gerade dieses Instrument sollte in Zukunft für eine bessere Kommunikation bezüglich Arbeitnehmer/innenschutz und Umweltschutz genutzt werden.

## **Chancen für die Anwendung von Nanotechnologien**

### **Verbrauchernahe Anwendungen**

Grundsätzlich bestehen in den meisten Anwendungen und Produkten Verbesserungsmöglichkeiten durch Nanomaterialien oder Nanopartikel. Wichtige Anwendungsbereiche sind neben der Elektronik auch Kompositmaterialien, die durch eingelagerte Nanopartikel verstärkt werden, oder Kosmetika und Arzneimittel, wo nanoskalige Kapseln verbesserten

---

<sup>19</sup> Siehe dazu auch Seite 44

Wirkstofftransport ermöglichen. Ein weiteres breites Anwendungsfeld sind Oberflächenbehandlungen, z. B. Reinigungs- und Versiegelungsmittel für Textilien, Holz und Metall.

### **Lebensmittel**

Mit Hilfe der Nanotechnologie können möglicherweise die Stabilität und Lebensdauer von Lebensmitteln verbessert, die Bioverfügbarkeit von wichtigen Inhaltsstoffen erhöht sowie optische Eigenschaften, Geschmack und Konsistenz von Lebensmitteln verändert werden.

### **Lebensmittelverpackung- und Kontaktmaterialien**

Nanotechnologisch optimierte Verpackungen können Lebensmittel besser vor Verderb schützen bzw. auch die Frische eines Lebensmittels erkennen. Derartige „intelligente“ Verpackungsmaterialien können beispielsweise eine Unterbrechung der Kühlkette oder eine Überschreitung des Haltbarkeitsdatums anzeigen. Nanomaterialien können außerdem eingesetzt werden, um Oberflächen stärker, leichter, sauberer und „intelligenter“ zu machen. Derartige Materialien können beispielsweise in Küchengeräten, Lacken und Farben, in Produkten zur Versiegelung oder zur Reinigung von Oberflächen verwendet werden. Nanopartikel aus Silber werden auch zur Oberflächenbeschichtung eingesetzt, da sie eine keimabtötende Wirkung besitzen.

### **Kosmetika**

In kosmetischen Mitteln werden Nanomaterialien bereits als UV-Filter in Sonnenschutzcremes eingesetzt. Nanopartikel aus Titandioxid oder Zinkoxid, die aufgrund ihrer Kleinheit transparent sind, sorgen in Sonnenschutzmitteln dafür, dass diese keinen weißen Film auf der Haut hinterlassen. Gleichzeitig wird ein hoher Schutz der Haut vor UV-Strahlung geboten. In Hautpflegeprodukten sollen Nanokapseln für den Schutz und den Transport aktiver Inhaltsstoffe sorgen und auch die pflegende Wirkung verbessern.

### **Arzneimittel**

Die Anwendung von Nanotechnologie im Arzneimittelbereich soll insbesondere der Verbesserung der Behandlungsmöglichkeiten von Tumorerkrankungen oder Stoffwechsel- bzw. Enzymmangelkrankheiten dienen. Dabei soll die Zielgenauigkeit der Wirkstoffverteilung im Organismus zu Gunsten der Zielorgane/Zielgewebe verbessert, die Wirksamkeit gesteigert und die Nebenwirkungsrate und –Schwere gesenkt werden.

### **Medizinprodukte**

Die Anwendungsmöglichkeiten von Nanotechnologie bei Medizinprodukten sind vielfältig. Sie umfassen die Beschichtung chirurgischer Instrumente mit Nanopartikeln, die Verwendung von Nanomaterialien in der Krebstherapie und die Entwicklung von Nanosensoren. Bei bildgebenden Verfahren finden Nanopartikel Verwendung als Kontrastmittel. Orthopädische Implantate und Dentalimplantate werden mit Nanomaterialien beschichtet, um das Einwachsen ins Gewebe zu verbessern. Integrierte Nanosensoren in DNA/Protein-Microarrays und Lab-on-a-Chip Devices werden in der molekularen In-vitro-Diagnostik verwendet. Verbandsmaterialien und Textilien enthalten nanokristalline Partikel mit antibakterieller und fungizider Wirkung.

### **Arbeitnehmer/innenschutz**

Im Bereich des Arbeitnehmer/innenschutzes zeigen sich Chancen der Nanotechnologien am ehesten im Bereich der Verbesserung von Arbeits- und Berufskleidung bzw. persönlicher Schutzausrüstung. Bereits heute können durch Funktionalisierung textiler Materialien diese bei gleichbleibendem oder sogar verbessertem Tragekomfort wasser- und schmutzabweisend gemacht werden. Zum Schutz vor gefährlichen mikrobiellen Belastungen oder aggressiven anorganischen Chemikalien können Einwegschutzanzüge mit speziellen „Nano-Beschichtungen“ verbesserten Schutz und Tragekomfort bieten. Zukünftig könnte auch Schutzkleidung z.B. gegen Elektromagnetismus, Infrarot- oder UV-Strahlung im Vergleich zu heute leichter, haltbarer und effizienter gemacht werden.

## Aktuelle Wissenslücken

### Allgemein

- Charakterisierung von Nanopartikeln hinsichtlich chemischer bzw. physikalischer Parameter
- Standardisierte Testmethoden<sup>20</sup>, Referenzmaterialien und Messmethoden für Nanopartikel in Lebensmitteln bzw. verbrauchernahen Produkten wären zu verbessern
- Enabler-Effect von Nanopartikeln auf Aufnahme anderer bedenklicher Stoffklassen
- Gültigkeit von vorhanden *in vivo* und *in vitro* Toxizitätsstudien für Nanopartikel
- Identifizierung der Nanomaterialien, die in verbrauchernahen Produkten wie Lebensmittel, Kosmetika bzw. Gebrauchsgegenständen eingesetzt werden
- Expositionsabschätzung für die Bevölkerung
- Mögliche gesundheitliche Auswirkungen auf Arbeitnehmer/innen und Konsument/innen

### Österreich-spezifisch

- Mangelnder Überblick über in Österreich produzierte/verwendete Nanomaterialien
- Mangelnder Überblick über Konsumprodukte in Österreich, die Nanopartikel enthalten und die sich daraus ergebende (orale/dermale) Exposition der Bevölkerung
- Mängel bei adäquaten Informationen zu Risikobewertung/Risikomanagement in österreichischen Betrieben (primär Klein- und Mittelbetriebe) und Kenntnis der Effizienz von Standardschutzmaßnahmen von Beschäftigten (Masken, Filtereigenschaften, etc.)
- Mangelnder Überblick über laufende Forschungsvorhaben und -ergebnisse in Österreich sowie deren Umsetzung

### Lebensmittel

- Standardisierte Methoden zur Bestimmung von Nanopartikeln in Lebensmitteln
- Untersuchungen des ADME-Verhaltens<sup>21</sup> von Nanopartikeln nach oraler Exposition
- Untersuchungen zur Bioakkumulation von Nanopartikeln innerhalb der Lebensmittelkette
- Untersuchungen zum Freisetzungsverhalten von gebundenen Nanopartikeln aus der Matrix
- Detektion und Entwicklung von Biomarkern für Nanopartikel nach oraler Aufnahme
- Entwicklung einer spezifischen Risikobewertung für Nanopartikel in Lebensmitteln

### Kosmetika

- In-vivo Untersuchungen der Hautpenetration von Nanomaterialien aus Kosmetika (besonders bei beschädigter Haut)
- Standardisierte Messmethoden zur Bestimmung von Nanopartikeln in Kosmetika

### Gebrauchsgegenstände

- Migration von Nanopartikeln aus Verpackung/Oberflächenbeschichtung
- Standardisierte Messmethoden für Nanopartikel in Gebrauchsgegenständen
- Untersuchungen zur Möglichkeit der Freisetzung von gebundenen Nanopartikeln

### Risikomanagement am Arbeitsplatz

- Messstandards, Messstrategien und Messverfahren (insbes. zur Routinemessung geeignete)
- Expositionsszenarien am Arbeitsplatz und Überblick über betrieblichen Ist-Stand bez. Nanotechnologien (Unternehmen, Arbeitsplätze, Risikomanagement, Risikokontrolle)
- Informationsweitergabe in der Lieferkette (Praktikabilität, Qualität, Quantität)
- Arbeitsmedizinisch-toxikologische Kenntnisse zu Stoffwirkungen

---

<sup>20</sup> Testmethoden für die verschiedenen Eintrittswege in den Menschen und für chronische Auswirkungen von nanostrukturierten Materialien

<sup>21</sup> Absorption, Distribution, Metabolism, Excretion; beschreibt die wichtigsten kinetischen Vorgänge im menschlichen Körper

## Resümee

In Österreich finden bereits zahlreiche Aktivitäten zum Thema Sicherheit in den Nanotechnologien, insbesondere betreffend Arbeitnehmer/innenschutz, Konsument/innenschutz oder Chemikalienpolitik statt. Beispielsweise Veranstaltungen für die Öffentlichkeit, Austausch wissenschaftlicher oder praktischer Erfahrung, Kooperationen im internationalen Bereich (EU,OECD), Teilnahme an (regionalen) Netzwerken, Projekte & Projektbeteiligungen (u.a. Toxikologie, Risiko- und gesellschaftliche Aspekte von Nanotechnologien, entsprechende Twinningprojekte). Dazu kommen die spezifischen Aktivitäten der beteiligten Ministerien in den Bereichen Legistik, internationale Kooperation und Information.

Alle diese bereits bestehenden Aktivitäten könnten jedoch noch sichtbarer gemacht und besser vernetzt werden.

Im Bereich Gesundheitsschutz bei der Arbeit wird dieses aktuelle Thema heute bereits in der Ausbildung von Präventivfachkräften berücksichtigt. Dies sollte verstärkt werden.

Messmethoden bzw. Messgeräte für Expositionsmessungen an Arbeitsplätzen sind vorhanden. Jedoch besteht noch Entwicklungsbedarf hinsichtlich robuster Geräte/Methoden für Routinemessungen. In Projekten wie NanoTrust oder NanoCap spielt die Erfassung möglicher gesellschaftlicher, wirtschaftlicher und Umweltauswirkungen der Nanotechnologien eine wesentliche Rolle.

Chancen werden primär in der Verbesserung von Produkteigenschaften gesehen. Im Großen und Ganzen stehen jedoch bei der Betrachtung von Nanomaterialien in der Arbeitswelt die noch unzureichend geklärten möglichen Risiken für die menschliche Gesundheit und daraus resultierenden Unsicherheiten gegenüber den möglichen Chancen im Vordergrund.

Derzeit bestehen noch deutliche Wissenslücken in Bezug auf den Umgang mit Nanotechnologien in Österreich, die wichtigsten hier nochmals zusammenfassend dargestellt:

- Fehlende Übersicht über die bereits stattfindenden Anwendungen bzw. Produkte der Nanotechnologien
- Fehlendes Wissen über realistische Expositionsszenarien an Arbeitsplätzen bzw. innerhalb der Bevölkerung
- Fehlende wissenschaftliche und technische Grundlagen für Risikobewertungen (Arbeitsplätze bzw. Produkte)
- Fehlende adäquate (vorläufige) Informationen für den sicheren Umgang bzw. fehlende Kenntnis von Risikomanagementmaßnahmen in der betrieblichen Praxis (insbesondere Klein- und Mittelunternehmen)
- Fehlende Informationen für die Bevölkerung über Nanotechnologien und ihre Anwendung in Lebensmitteln und anderen verbrauchernahen Produkten,
- Informationsdefizit über die Umsetzung und Anwendbarkeit von Forschungsergebnissen.

## 3.2 UMWELT

Die Anwendung von nanoskaligen Materialien und von nanotechnologischen Prozessen wird zweifellos Auswirkungen auf die österreichische Umweltsituation haben. Eine Abschätzung der möglichen Perspektiven dieser Auswirkungen sowohl in positiver als auch in negativer Hinsicht steht im Zentrum der folgenden Ausführungen. Wo immer möglich, soll dabei auf Österreich spezifische Umstände – seien sie wirtschaftlicher, struktureller oder ökologischer Natur – eingegangen werden.

Unbestrittenes Ziel ist die Maximierung des Potenzials an positiven Effekten für Österreich einerseits sowie eine Minimierung möglicher negativer Auswirkungen andererseits. Hierbei soll der gesamte Lebenszyklus eines Produkts betrachtet werden, um die tatsächlichen Umweltauswirkungen erfassen zu können. In Abhängigkeit von den spezifischen Anwendungsmustern, Produktkategorien und Anwendungsformen der Nanotechnologie werden sich dabei konkreter Handlungsbedarf sowie spezifische Empfehlungen ergeben. Diese Empfehlungen sollten darstellen, in welcher Art Rahmenbedingungen in Österreich zu adaptieren oder zu schaffen sind, um den erwünschten Effekt zu erzielen. Es soll illustriert werden, welche Instrumente dazu in der Lage wären, welche Ebenen geeignet sind, derartige Instrumente zu entwickeln und – sollten sich Maßnahmen auf europäischer oder internationaler Ebene als geeignet erweisen – wie ein spezifischer österreichischer Beitrag innerhalb dessen aussehen könnte.

### Gesetzliche Regelungen

Verschiedene rechtliche Instrumente regeln zurzeit die Herstellung, den Import, das Inverkehrbringen, die Verwendung und die Entsorgung von Stoffen und damit auch jene von Nanomaterialien. In anderen – hier nicht erwähnten – für die Umwelt relevanten Regelungen, wie beispielsweise der Wasserrahmenrichtlinie oder der Abfallrichtlinie sind keine nanospezifischen Regelungen enthalten.

### Chemikalien - Nanomaterialien und REACH

In der europäischen Chemikalienverordnung REACH<sup>22</sup> wird der Umgang mit chemischen Stoffen geregelt.<sup>23</sup> Eine eigene Definition für nanoskalige Stoffe ist nicht enthalten.

Je nachdem, ob eine Registrierung in Nano-Stoffform oder allgemein als Stoff erfolgt, sind verschiedene Mengen zu erwarten. Dies heißt jedoch nicht, dass man im Fall einer Registrierung als Nano-Stoffform aufgrund geringerer Mengen auch von geringeren Datenanforderungen ausgehen kann. Die Europäische Kommission ist der Auffassung, dass man bei der Registrierung von der Gesamtmenge (Nanoform inkl. Nicht-Nano-Form) ausgehen muss. Dies gilt insbesondere für Nanomaterialien, welche die Kriterien für sogenannte Phase-in-Stoffe<sup>24</sup> von REACH erfüllen. Bei Nanostoffen, die keine Nicht-Nanoform haben und in geringen Mengen produziert werden, könnte sich jedoch das Problem von ungenügenden Informationsanforderungen bei der Registrierung ergeben.

Die Erstellung eines Sicherheitsdatenblattes (SDB) ist laut REACH für Nanostoffe bzw. Nanostoffe in Gemischen verpflichtend, wenn der Nanostoff oder das nanostoffhaltige Gemisch als „gefährlich“ eingestuft sind. Ein SDB ist auch dann erforderlich, wenn der Nanostoff die Kriterien für „Persistent/Bioakkumulierend/Toxisch“ bzw. „sehr Bioakkumulierend/sehr Persistent“ erfüllt oder in der Kandidatenliste für Stoffe enthalten ist, die Anlass zu

<sup>22</sup> REACH: Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung von chemischen Stoffen

<sup>23</sup> Siehe dazu auch Seite 40

<sup>24</sup> Üblicherweise Stoffe, die bereits seit Längerem und ohne eine vorherige chemikalienrechtliche Anmeldung in Verkehr gebracht worden sind

großer Besorgnis geben. Kann ein Stoff in seiner Nanoform oder ein nanostoffhaltiges Gemisch Gefahren haben, die über jene zur Einstufung als gefährlich hinausgehen, ist dies im SDB anzugeben.

Ein Stoffsicherheitsbericht ist laut REACH ab einer jährlichen Produktions- oder Importmenge von 10 Tonnen pro Registrant notwendig. Die Europäische Kommission ist ebenfalls der Ansicht, dass dieser Bericht alle Größen, Formen und Morphologien eines Stoffes berücksichtigen muss.

Für Erzeugnisse, wie beispielsweise Textilien, Kinderspielzeug oder Elektronikgeräte, gelten Spezialregelungen: Enthält ein Erzeugnis einen Nano-Stoff, der auf der oben bereits erwähnten Kandidatenliste für besonders besorgniserregende Stoffe aufscheint und in einer Konzentration > 0,1 Gewichtsprozent enthalten ist, müssen an den gewerblichen Empfänger des Erzeugnisses „ausreichend Informationen“ über den „sicheren Umgang“ bereit gestellt werden. Das ist mindestens der Name des betroffenen Stoffes. Auch KonsumentInnen können beim Lieferanten diese Informationen einfordern, die dann binnen 45 Tagen kostenlos zur Verfügung zu stellen sind.

Zur Stoffbewertung werden bereits registrierte Stoffe aufgrund spezifischer Kriterien ausgewählt und einer Evaluierung durch Mitgliedstaaten-Behörden zugeführt. Die Stoffbewertung könnte für Nanomaterialien besonders relevant sein. So wird beispielsweise zu beurteilen sein, ob die der Evaluierung zugrundegelegten Testmethoden geeignet waren, die spezifischen Nanoeigenschaften zu erfassen oder ob alle Expositionspfade berücksichtigt worden sind. Eine besondere Bedeutung kommt hierbei dem Ergebnis der derzeitigen Überarbeitung der OECD-Testmethoden zu (siehe weiter unten).

Nach REACH können Nanomaterialien bestimmten Beschränkungsmaßnahmen unterworfen werden. Im Fall des Vorschlages einer Beschränkungsmaßnahme durch Behörden ist ein EU-weites Risiko nachzuweisen. Das Instrument der Beschränkung hat sich schon im „alten“ Chemikalienregime bewährt. Durch eine Beschränkung kann die Verwendung, die Herstellung bzw. das Inverkehrbringen eines Stoffes, aber auch der Import von Stoffen in Erzeugnissen wirksam geregelt werden. Eine Zulassung erschwert zwar eine Herstellung und Verwendung in der EU, lässt aber bei Importen möglicherweise eine Lücke bei Erzeugnissen.

Für das Instrument der Zulassung können Mitgliedstaaten sowie die Europäische Kommission ein Dossier zu einem Nanostoff vorbereiten, wenn dieser die Kriterien eines besonders besorgniserregenden Stoffes (etwa krebserregend) erfüllt. Daraufhin kann er in die sogenannte Kandidatenliste aufgenommen werden: Dies zieht bereits erhöhte Informationspflichten bezüglich dieses Stoffes nach sich. Wird der Nanostoff auch im Anhang für zulassungspflichtige Stoffe gelistet, muss nach Verstreichen einer Übergangsfrist ein Unternehmen einen Zulassungsantrag inklusive Angabe der beabsichtigten Verwendung für den Nanostoff übermitteln, wenn dieses Unternehmen ihn weiterhin verwenden möchte.

### **CLP<sup>25</sup>-Verordnung**

Die europäische Verordnung<sup>26</sup> zur Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von chemischen Stoffen und Gemischen stellt die europäische Version des von der UNO vorangetriebenen sogenannten Globally Harmonized Systems (GHS) dar. Dieses System soll die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von chemischen Stoffen und Gemischen weltweit vereinheitlichen, um deren Anwendung für Mensch und Umwelt sicherer zu machen und unnötige Mehrgleisigkeiten zu vermeiden. Der Stoffbegriff wird hier von REACH übernommen, nano-spezifische Regelungen sind nicht enthalten. Mit 1.12.2010 sind gemäß CLP-Verordnung registrierte sowie alle in Verkehr gebrachte und als gefährlich eingestufte

<sup>25</sup> Classification, Labelling and Packaging of Substances and Mixtures

<sup>26</sup> Verordnung (EG) Nr. 1272/2008



Stoffe ohne Mengenschwelle in das Einstufungs- und Kennzeichnungsverzeichnis bei der Europäischen Chemikalienagentur (ECHA) in Helsinki zu melden. Abweichungen der Einstufung von bereits gemeldeten Stoffen müssen laut Verordnung begründet werden und scheinen dann im Verzeichnis inklusive Begründung auf. Eine solche mögliche Abweichung inkl. Begründung könnte auch die Partikelgröße im nano-Bereich sein. Dieses Verzeichnis ist öffentlich zugänglich.

Die Europäische Kommission empfiehlt auch, Nanomaterialien aufgrund ihrer zu den Ausgangsstoffen veränderten Eigenschaften besonders einzustufen und zu kennzeichnen. Am Kennzeichnungsetikett müssen Stoffe, die aufgrund einer schwerwiegenden Gesundheitsgefahr – wie etwa akuter Toxizität, hautätzender oder kanzerogener Effekte – eingestuft sind, angegeben werden. Für Stoffe, die lediglich als gefährlich für die Umwelt eingestuft sind, gilt dies nicht. Die Einstufung und Kennzeichnung nach der bereits erwähnten REACH-Verordnung erscheint allerdings im Sicherheitsdatenblatt.

### **Verordnung über kosmetische Mittel<sup>27</sup>**

Für die Bewertung allfälliger Umweltexpositionen bringt die neue Verordnung über kosmetische Mittel den Vorteil, dass bei bestimmten Nanomaterialien (gemäß Definition unlöslich, biologisch beständig – siehe auch Kapitel zu Gesundheit) angeführt werden muss, ob der verwendete Stoff in Nanoform vorliegt.

### **Arzneimittel**

Im Rahmen einer Arzneimittelzulassung muss mittlerweile auch eine Umweltbewertung durchgeführt werden. Nanospezifische Regelungen sind hier nicht enthalten. Wirkstoffe in Arzneimitteln sind jedoch generell hochwirksame Stoffe, weshalb ökotoxikologische Tests bei vergleichsweise niedrigen zu erwartenden Expositionen durchzuführen sind. Bei Verdacht auf endokrine Wirksamkeit oder besonders fettlöslichen Stoffen sollten jedenfalls Tests durchgeführt werden.

### **Biozide**

Derzeit ist keine Auskunft darüber möglich, welche nano-skaligen Biozide in welchem Ausmaß auf dem Markt sind. Im EU Biozide-Regelungsbereich existieren momentan keine Leitlinien und auch keine Erfahrung der Behörden, um Nanomaterialien spezifisch zu regeln. Erste konkrete Diskussionen zur Bewertung von nano-skaligen Bioziden werden Ende 2010 im Rahmen des Europäischen Reviews des Biozid-Dossiers zu Silber und Silberverbindungen erwartet. Dieses enthält auch Silber in Nanoform.

Biozid-behandelte Erzeugnisse sind nur dann gemäß der Richtlinie<sup>28</sup> für Biozidprodukte zulassungs- bzw. registrierungspflichtig, wenn der aktive Wirkstoff eine externe Wirkung hat (z.B. Kontrolle von Schadorganismen außerhalb des Artikels).

### **Pflanzenschutzmittel**

In Österreich sind zurzeit keine (deklarierten<sup>29</sup>) Nano-Pflanzenschutzmittel zugelassen. Allerdings sind die Firmen nicht ausdrücklich zur Deklaration von Nanomaterialien in ihren Produkten verpflichtet.

---

<sup>27</sup> Siehe dazu auch S.38

<sup>28</sup> Richtlinie 98/8/EG

<sup>29</sup> Da es keine Nano-Definition in der Richtlinie 91/414/EWG gibt, kann (wenn der Hersteller es nicht dennoch bekannt gibt) schwer bis nicht festgestellt werden, ob ein Produkt ein Nano-PSM ist. Es bedeutet, dass zumindest der Behörde keines bekannt ist



**Nano-Argentum – ein regulatorischer Sonderfall**

Ein regulatorischer Sonderfall ist Nano-Argentum 10: es handelt sich dabei um ein Silber-Kolloid, das Silberpartikel mit einem Durchmesser von 26 nm in einer Konzentration von 10 ppm enthält. Es wird für alle Pflanzen im Innen- und Außenbereich angewendet und hat laut Produktinformation zusätzlich bakterizide, algizide und fungizide Wirkung. Außerdem wird ein toxisches Potenzial für Gewässerorganismen vermutet.

Nano-Argentum 10 ist in die deutsche Liste der Pflanzenstärkungsmittel eingetragen. Es darf daher in Österreich als sogenanntes Pflanzenhilfsmittel vertrieben werden<sup>30</sup> und fällt somit nicht unter die umfangreiche Bewertung im Rahmen eines Zulassungsverfahrens gemäß Pflanzenschutzmittel-Gesetz (PMG), das eine sichere Verwendung garantieren soll. Obwohl gerade bei Nano-Materialien viele offene Fragen hinsichtlich Risiken bestehen, die im Rahmen eines derartigen Zulassungsverfahrens zumindest teilweise geklärt werden könnten, kann dieses Instrumentarium des PMG in diesem Fall nicht zur Anwendung kommen.

**Bundesumwelthaftungsgesetz**

Die österreichischen Haftungsstandards sind im Vergleich zu jenen der Europäischen Union höher, wobei die Kompetenzen bei Haftungsregelungen in Österreich zwischen Bund und Ländern geteilt sind. Eine verschuldensunabhängige Haftung wurde erst kürzlich durch das Bundes-Umwelthaftungsgesetz<sup>31</sup> eingeführt. Dieses System der öffentlich-rechtlichen Umwelthaftung zielt auf die Sanierung, Wiederherstellung bzw. Verhinderung des Umweltschadens an sich (Qualität des Bodens, Zerstörung von Biodiversität) bzw. auf eine Regelung der Kostenübernahme in diesem Zusammenhang. Dies betrifft die Medien Wasser und Boden, sowie in der Folge den Naturschutz (geregelt durch Bundesländer). Die Ausnahme von der Haftung bei Forschung und Entwicklung wird im neuen Bundes-Umwelthaftungsgesetz eingeschränkt.

**Organisation for Economic Co-Operation and Development (OECD)**

Die OECD beschäftigt sich unter anderem mit der Erstellung von international gültigen Guidelines zur Testung von Chemikalien. Diese stellen in der Regel die Grundlage für die nach EU-Recht geforderten Testmethoden dar. Die OECD „Working Party on Manufactured Nanomaterials“ befasst sich hauptsächlich mit den Risiken durch Nanomaterialien. Zudem werden auch positive Effekte durch Nanotechnologie für die Umwelt thematisiert. Diese Arbeitsgruppe ist in achte sogenannte „Steering Groups“ (SGs) unterteilt:

- SG1<sup>32</sup>: Aufbau einer Datenbank mit relevanten Studien zur Nanosicherheit
- SG2: Wissenslücken und Forschungsstrategien (Arbeit bereits abgeschlossen)
- SG3: Installierung eines Sponsorship-Programms, innerhalb dessen 14 Nanomaterialien auf ausgewählte Endpunkte getestet werden sollen. Auch Österreich nimmt an diesem Programm als Co-Sponsor für Titandioxid teil und steuert entsprechende (öko)toxikologische Studien bei
- SG4: Screening von OECD-Testmethoden auf Anwendbarkeit der Testung von Nanomaterialien; Überprüfung entsprechenden Adaptierungsbedarfs mit Fokus auf Probenaufbereitung und Dosimetrie. Enge Zusammenarbeit mit SG3
- SG5: Kooperationen bei freiwilligen und regulatorischen Maßnahmen
- SG6: Screening von Risikobewertungsmodellen auf Anwendbarkeit bezüglich Nanomaterialien
- SG7: Alternative Prüfmethode in Zusammenhang mit der Testung von Nanomaterialien
- SG8: Messmethoden zur Bestimmung der Exposition von Nanomaterialien. Nach anfänglichem Schwerpunkt auf Arbeitsmedizin werden nun verstärkt Umwelt- bzw. für den Konsumenten relevante Messmethoden behandelt.

<sup>30</sup> Gemäß österreichischer Düngemittelverordnung vom 27.2.2004

<sup>31</sup> 55. Bundesgesetz über Umwelthaftung, 2009

<sup>32</sup> <http://webnet.oecd.org/NanoMaterials>

In diesen Arbeitsgruppen sind neben Behörden auch Industrie und NGO's (Umwelt, Tierschutz, Arbeitnehmer/innenschutz, Konsumentenschutz) intensiv beteiligt. Gemeinsam mit einer weiteren OECD-Arbeitsgruppe, der Working Party on Nanotechnology (WPN), die sich mit österreichischer Beteiligung mit Maßnahmen zur Förderung von Nanotechnologie beschäftigt, werden auch positive Effekte durch Nanotechnologie für die Umwelt thematisiert. Freiwillige Maßnahmen von Firmen, wie beispielsweise das Erlangen eines CENARIOS-Zertifikats<sup>33</sup>, tragen zur Erhöhung der Sicherheit von Nanomaterialien bei.

### **Überblick Registrierungssysteme für Nanomaterialien**

In zahlreichen Staaten gibt es bereits Erfahrungen mit meist freiwilligen Registrierungssystemen: Australien, Kanada, USA, Dänemark, Deutschland und Großbritannien haben jeweils freiwillige Erhebungen durchgeführt, um einen Überblick über den Einsatz von Nanomaterialien zu erhalten. Allen diesen vier Ansätzen war gemeinsam, dass die teilnehmenden Firmen Daten nach ihrem Ermessen geheimhalten konnten.

Das kanadische Modell ist eine Mischform aus freiwilligem und verpflichtendem Ansatz und für den Zeitraum Mitte bis Ende 2009 anberaumt. Im Rahmen des australischen Programmes wurden 21 verschiedene Typen von Nanomaterialien identifiziert. Das in den Vereinigten Staaten angewandte freiwillige Berichtsschema lieferte einen Überblick über mehr als 100 Materialien im nanoskaligen Maßstab. Bis Dezember 2008 übermittelten 29 Unternehmen Informationen zu insgesamt 123 Nanomaterialien, die aus 58 verschiedenen Chemikalien bestanden. Die Environmental Protection Agency der Vereinigten Staaten räumt ein, dass zwei Drittel der chemischen Substanzen, aus denen nanoskalige Materialien für Konsumprodukte hergestellt wurden, nicht gemeldet wurden. Auch etwa 90% der Nanomaterialien, die sich wahrscheinlich in Konsumentenprodukten wiederfinden, wurden nicht gemeldet.

Das im Vereinigten Königreich durchgeführte Programm lieferte eine ähnliche Anzahl. Zwischen 2005 und 2007 wurde auch in der Schweiz ein Vorhaben durchgeführt, welches das Ausmaß und Bedeutung der Verwendung von Nanomaterialien in der Schweizer Industrie erhob (Schmied/Riediker 2008). Von den befragten 198 Unternehmen bestätigten 55 die Herstellung von Nanopartikeln und 54 bestätigten die Verwendung.

All diese Projekte hatten eine begrenzte Laufzeit und dienten den verantwortlichen Behörden dazu, im Bereich Nanotechnologie einen ersten Überblick über die damit verbundene Produktproliferation zu gewinnen. In sämtlichen Ländern werden diese Beispiele und Projekte als komplementär zu gesetzlichen Rahmenbedingungen gesehen.

### **Chancen für die Anwendung von Nanotechnologien**

Im Folgenden werden potenziell positive Auswirkungen von Nanomaterialien und entsprechenden Prozessen der Nanotechnologie im Umweltbereich dargestellt.

Die deutsche Nano-Kommission hat Anwendungsbereiche von Nanomaterialien zusammengestellt, welche einen Beitrag zum effizienten Umgang mit Ressourcen und zum Gesundheitsschutz leisten können:

„Für mehr Energieeffizienz können großformatige Lithium-Ionen Batterien sorgen. Sie werden mit Hilfe von Nanomaterialien leichter, günstiger und länger haltbar und sind für den Einsatz in Elektro- und Hybridfahrzeugen geeignet bzw. können alternative Energien aus Wind-, Wasser- oder Solarkraft speichern.

OLEDs sorgen als neue Leuchtmittel für einen niedrigen Stromverbrauch und helfen, CO<sub>2</sub> Emissionen zu verringern. Sie benötigen durch die Nanostrukturen deutlich weniger elektrische Energie bei gleichzeitig sehr hoher Lichtausbeute.

---

<sup>33</sup> Ein von TÜV SÜD Industrie Service (München) mit der Schweizer Innovationsgesellschaft entwickeltes zertifizierbares Risikomanagement und Monitoring-System, das speziell auf die Bedingungen und Bedürfnisse der Nanotechnologie eingeht

Nano-Kohlenstoffröhrchen werden Kunststoffen beigemischt und erzeugen je nach Auslegung des Produkts sehr stabile, reißfeste oder nicht statisch aufladbare Materialien. Diese werden z.B. als Strukturbauteile für Luftfahrt, Autos oder Flügel von Windkraftwerken eingesetzt. Die Hersteller wollen so einen geringeren Energieaufwand und geringere Kosten ermöglichen. Nanoporöse Schäume können als Dämmmaterialien für Renovierungen und Neubauten eingesetzt werden. Hier geht es ebenfalls um die Reduzierung von Heizkosten und Energieverbrauch.

Schutz unserer begrenzten Ressource Wasser: Nanofilter werden für die Aufarbeitung von Produktions-, Siedlungs- und Deponieabwässern genutzt. Trinkwasser kann gereinigt und entkeimt werden.“

Ebenso ist eine Wasserentsalzung möglich sowie das Unschädlichmachen von Schwermetallen. Dabei können Trenngenaugigkeit und Durchsatz erheblich genauer gesteuert werden, als bei herkömmlichen Verfahren ohne Nanotechnologie. In der Umweltanalytik könnte Nanotechnologie zur Messung von Umweltschadstoffen wie etwa organischen Kohlenwasserstoffverbindungen eingesetzt werden.

Die Swiss Re, einer der größten Rückversicherer im Zusammenhang mit Großrisiken, formuliert in einem Report zur Nanotechnologie<sup>34</sup>:

„Neue Energieformen für den Umweltschutz. Die Chancen der Nanotechnologie liegen einerseits darin, Energie zu sparen, innovative Energiequellen zu entwickeln und Ressourcen besser zu nutzen, andererseits aber auch in neuen Herstellungsverfahren, für die weniger Rohstoffe und Basismaterialien gebraucht werden und die weniger unter anderem toxisches und für die Umwelt bedenkliches Abfallmaterial produzieren. Durch Gewichtsreduktion und alternative Treibstoffnutzung im Transportbereich oder innerhalb der herstellenden Industrie ließe sich auch der Ausstoß von Treibhausgasen reduzieren. Beim Energiesparpotenzial durch Nanotechnologie geht es nicht nur um neue Brennstoffzellen in Form von Nanotubes, die als hervorragender Wasserstoffspeicher fungieren, sondern auch um innovative Beleuchtungsmittel oder neuartige Solarzellen, die sich nach der Vorstellung der Forscher künftig auf Gebäude sprühen oder in Kleidung einbauen lassen sollen. Organische Solarzellen absorbieren Sonnenlicht mit Hilfe einer aufgetragenen Farbstoffschicht von einigen Nanometern, die – analog zur Photosynthese bei der Pflanze – Licht in Energie umwandelt.“

Durch die Anwendung von Nanotechnologien sollen Produktionsprozesse miniaturisiert (etwa Minireaktoren mit sehr hohen Ausbeuten) und unter Verwendung von Katalysatoren ganz spezifische Produkte, unter Vermeidung der Erzeugung von Nebenprodukten, hergestellt werden. Ein Ansatz, der es erlaubt Reinigungsmittel zu sparen, ist die selbstreinigende Beschichtung nach dem Lotusblüteneffekt. Eine spezielle Oberflächen-Nano-Struktur sorgt dafür, dass Schmutzteilchen an der Oberfläche von Gegenständen nicht haften bleiben. Damit kann der Reinigungsaufwand deutlich verringert werden.

Mit Hilfe von Nanotechnologie sollen auch maßgeschneiderte und intelligentere Produkte von geringerer Masse, besseren Nutzungseigenschaften, besserer Standfestigkeit und längerer Lebensdauer herstellen lassen.

Ein weiterer Beitrag zur Abfallvermeidung und –verwertung könnte in Stofftrennverfahren, die ganz spezifisch einzelne chemische Stoffe trennen können, liegen. Zudem kann der Einsatz von Nanotechnologie die Verwertung von Materialien aus Altfahrzeugen erleichtern: Früher waren in einem Auto noch 50 verschiedene Kunststofftypen zu finden. Heute wird mit Hilfe der Nanotechnologie versucht, alle Anforderungen mit einem einzigen Basiskunststoff zu erzielen.<sup>35</sup>

<sup>34</sup> [www.swissre.com](http://www.swissre.com), „Nanotechnologie – kleine Teile große Zukunft“ 2004

<sup>35</sup> Berger, J. (2004): Schöne neue Plastikwelt. Der Standard, Wien. 12.07.2004. S. 9.

Zur Evaluierung von Material- bzw. Energieeinsparungspotenzialen stellen Lebenszyklusanalysen ein geeignetes Instrument dar.

#### **Relevanz der Nanotechnologie bei Pflanzenschutzmitteln**

Schon jetzt gibt es einige Pflanzenschutzmitteln (PSM), die auf Nanotechnologie basieren. Dabei ist zu unterscheiden, ob die Art der Formulierung größtmäßig in den Nanobereich fällt (z.B. Emulsionen, Mizellen, Kapseln, Pulver) oder ob der Wirkstoff bzw. diverse Beistoffe Nanomaterialien sind. Weder Wirk- noch Beistoffe müssen als Nanomaterial deklariert werden. Daher gibt es diesbezüglich keine Informationen. Was Formulierungen bzw. Wirkstoffe betrifft, so sind jedoch schon einige Pflanzenschutzmittel bekannt. Das Interesse der Industrie bei Pflanzenschutzmitteln liegt besonders im Bereich Nanoemulsionen, weil diese besser dispergiert/verteilt werden können als herkömmliche Emulsionen und daher effektiver sind. Feste Nanopartikel spielen derzeit eine eher untergeordnete Rolle, obwohl auch hier Produkte bekannt sind.

Firmen erwarten sich bei Nano- PSM im Vergleich zu herkömmlichen PSM:

- Eine bessere Aufnahme in den Zielorganismus und daraus folgend eine Reduktion der Aufwandmenge, wodurch die Exposition von Mensch und Umwelt vermindert werden kann
- Eine Erhöhung der Wirksamkeit kann durch maßgeschneiderte Wirkstoffe (Design von Struktur und Eigenschaften) erzielt werden
- Die Emulgierbarkeit wird durch Tröpfchen (Mizellen) in Nanogröße erheblich verbessert.
- Durch Verpackung in Mikro- bzw. Nanokapseln kann der Wirkstoff kontrolliert abgegeben werden.

Es sind einige Formulierungen bekannt, die auf Mikroemulsion oder auf Mikroverkapselung beruhen. Es wurde berichtet, dass dabei auch Formulierungsgrößen im Nanobereich vorkommen (zB. Mikroemulsionen mit Tröpfchendurchmesser von 50 -100 nm). In diesen Fällen ist dies aber nicht ausdrücklich beabsichtigt.

Ein Beispiel für ein „echtes“ Nano-PSM ist Heritage TL (Wirkstoff Azoxystrobin). Dieses PSM ist eine echte Nanoemulsion und wird auf Golfgrünen eingesetzt. Zugelassen ist es schon in den USA.

## **Potenzielle negative Auswirkungen von Nanomaterialien**

### **Effekte auf Basis inhärenter Eigenschaften (hazards)**

Nanopartikel können aktiv oder passiv in Zellen aufgenommen werden und unterschiedliche Effekte auslösen. Nachteilige Auswirkungen für die Umwelt lassen etwa potenziell zellschädigende Nanomaterialien, wie Nanosilber sowie Zink- oder Titandioxid, erwarten. So können durch direkte Zelleinwirkung oder via verstärkter Radikalbildung Organismen wie Bakterien, Pilze oder Algen beeinträchtigt werden. Freie Radikale können hierbei in der Zelle selbst oder auch auf der Oberfläche der Partikel entstehen. Die durch freie Radikale ausgelösten Reaktionen können zu vielfältigen Effekten, wie Entzündungsreaktionen, DNA-Schädigung bis hin zum Zelltod führen. Der Schwellenwert, d.h. die Menge der aufgenommenen Nanomaterialien, welche einen Effekt gerade auslösen kann, ist allerdings nicht bekannt. Studien zeigen, dass Aluminium-Nanopartikel das Wurzelwachstum von Pflanzen hemmen. Auch Studien mit Fullerenen, Industrie-Ruß („carbon black“) und Nano-Polystyrenen in Wasserorganismen deuten auf eine nachteilige biologische Wirksamkeit hin.

Schlüsselargumente von SCENIHR 2009 (Risk Assessment of Products of Nanotechnologies):

„Die Reduktion der Größe im nanoskaligen Bereich verändert die Charakteristik von Partikeln vor allem auf Grund eines erhöhten Oberflächen/Volumenverhältnisses. Zurzeit existieren noch keine Modelle, um die Relevanz dieser veränderten Eigenschaften vorherzusagen, sodass die Sicherheitsbewertung von Nanopartikeln und Nanostrukturen nicht auf der toxikologischen und ökotoxikologischen Bewertung der Stammsubstanz fußen kann. Das biologische Verhalten von Nanopartikeln wird determiniert durch die chemische Zusammensetzung, durch die Gestaltung der Oberfläche, die Reduktion in der Größe (und

damit verbundenen Wechsel in den chemisch-physikalischen Eigenschaften und der damit verbundenen Erhöhung im Oberflächen/Volumenverhältnis) und durch die Form. Ein Mechanismus der Toxizität von Nanopartikeln ist mit hoher Wahrscheinlichkeit der Induktion von reaktivem Sauerstoff zuzuschreiben, mit der Konsequenz des oxidativen Stresses in Zellen und Organen. Darüber hinaus können Aggregationen von Nanopartikeln einen Effekt auf ihre biologischen Effekte haben.

Die biologische Beurteilung von Nanopartikeln oder -produkten sollte auf einer Einzelfallbeurteilung beruhen. Tests im Hinblick auf Wechselwirkungen von Nanopartikeln mit Proteinen und verschiedenen Zelltypen sollten als Teil der (öko)toxikologischen Bewertung Berücksichtigung finden. Die biologischen Eigenschaften können sich quantitativ und in qualitativer Hinsicht von chemischen und biologischen Substanzen in anderer physikalischer Darbietungsform unterscheiden. Drei Situationen sind unterscheidbar:

- Die Gefährdung ergibt sich ausschließlich dadurch, dass die Substanz in Nanoform existiert
- Die gefährliche Eigenschaft ergibt sich aus der chemischen Zusammensetzung des Partikels
- Kombinationswirkungen aus 1 und 2.

Es ist wichtig festzuhalten, dass auf Grund der begrenzten Anzahl von Nanopartikeltypen deren biologische Eigenschaften bisher Gegenstand von Studien waren, es aber unsicher ist, ob die erhobenen Befunde Anspruch auf generelle Übertragbarkeit auf Nanopartikel haben können.

Anmerkung zur Dosimetrie: Wird die Dosis in Form eines Oberflächenmaßes oder in Form der Anzahl von Teilchen formuliert, weisen die Befunde eine bessere Korrelation zu biologischen und toxischen Effekten auf, als wenn sie in auf Masse bezogene Maße angegeben werden.“ Auch die Ladung oder die Form kann aus toxikologischer Sicht bei Nanopartikeln relevant werden: So können bestimmte Nano-Kohlenstoffröhrchen aufgrund Ihrer Länge nicht durch menschliche Fresszellen vollkommen aufgenommen werden. Dies führt zu Entzündungsreaktionen, die auch als Basis für die Entstehung von Krebs gelten.

Hinsichtlich der Exposition im Wasser ist das Agglomerations- und Aggregationsverhalten von Nanopartikeln als eine der Schlüsselgrößen anzusehen, da diese sowohl für die Exposition als auch für die Toxizität ausschlaggebend ist. Hinsichtlich der Mobilität und auch Toxizität sind gerade die Arbeiten zu Fullerenen ein Beispiel dafür, wie massiv die Probenaufbereitung und Darbietungsform des zu untersuchenden Partikels Einfluss auf das Endresultat und auf die Toxizität haben kann. Löslichkeit und Abbau sind weitere Schlüsselparameter bei der Beurteilung der Umweltrelevanz von Nanopartikeln in wässrigen Medien. Vor dem Hintergrund, dass einige Nanomaterialien, beispielsweise Metalloxide, biopersistent sein könnten, andere Nanomaterialien beispielsweise im pharmazeutischen Bereich explizit darauf hin konzipiert worden sind optimal biologisch abbaubar zu sein, wird deutlich, wie notwendig hier eine Einzelfallbeurteilung von Nanomaterialien im Hinblick auf ihre inhärenten Eigenschaften ist.

Bezüglich Umweltauswirkungen ist zudem zu berücksichtigen, dass die Wechselwirkung der Nanomaterialien mit dem jeweiligen Umweltmedium (Luft, Wasser, Boden) bzw. mit Stoffen aus dem Medium zu einer signifikanten Veränderung ihrer Eigenschaften (Agglomerationsverhalten, Reaktivität etc.) führen kann. In diesem Zusammenhang verdient die Wechselwirkung von Nanopartikeln mit Umweltschadstoffen wie Schwermetallen eine besondere Beachtung. Ähnlich wie bereits von Kolloiden bekannt, könnten Nanopartikel Träger von toxischen Substanzen sein, diese im Ökosystem verbreiten bzw. in die Organismen einbringen.



Ein grundlegendes Problem zur Beurteilung der Ökotoxikologie und des Umweltverhaltens von synthetischen Nanomaterialien ist der Mangel an analytischen Instrumenten/Methoden zum Nachweis und zur Charakterisierung (Größenverteilung, Form, chemische und physikalische Oberflächenbeschaffenheit, Art und Umfang möglicher Verunreinigungen etc.) von synthetischen Nanopartikeln (NP). Insbesondere gibt es derzeit keine oder nur sehr begrenzte Verfahren, NP in "natürlicher" Umgebung – wie Luft, Gewässer, Böden, aber auch in biologischen Organismen (Pflanzen, Tiere) – nachzuweisen, geschweige denn diese zu charakterisieren. Diese Instrumente sind Voraussetzung für weitere grundlegende Untersuchungen zur Ökotoxikologie von NP.

Ein weiteres grundlegendes Defizit sind mangelnde Standards zur Systematisierung der Untersuchungen bzw. zur Gewährleistung der Vergleichbarkeit der Ergebnisse. So bedarf es Referenzmaterialien, um systemische Reaktionen von Organismen und Ökosystemen auf die jeweiligen Nanomaterialien zurückzuführen, bestimmte Reaktionen spezifischer Eigenschaften dieser Materialien zuzuordnen sowie diese ins Verhältnis zu anderen Nanomaterialien setzen zu können. Hierzu gibt es bereits Aktivitäten seitens der OECD bzw. im Rahmen einiger EU-Projekte. Um die Vergleichbarkeit der Untersuchungen zu gewährleisten bedarf es standardisierter Testverfahren, sowie die Entwicklung eines einheitlichen und eindeutigen Begriffsapparats.

### **Expositionsszenarien**

Durch den Einsatz von Nanomaterialien in Kosmetika, wie etwa in Sonnenschutzmitteln, werden Nanomaterialien bereits in nennenswerten Mengen in Gewässer eingetragen. Insbesondere durch die Anwendung von Nanomaterialien im Fassadenschutz, Farben und Lacken, Reinigungsmitteln, Sprays, Nanotextilien (Nanofasern bzw. beschichtete Textilien) oder Medikamenten gelangen synthetische Nanomaterialien in die Umwelt. Ein weiteres bedeutendes Einsatzfeld von nanoskaligen Materialien besteht darin, die Eigenschaften von Oberflächen durch Aufbringen von Beschichtungen zu modifizieren. Dies geschieht mit dem Ziel, Oberflächen mit zusätzlichen Eigenschaften zu versehen, respektive bestehende Oberflächeneigenschaften zu modifizieren. Unabhängig davon, ob es sich um textile Oberflächen, mineralische Oberflächen oder Oberflächen von Gebrauchsgegenständen handelt, diese Strukturen mitsamt ihren nanoskaligen Zusatzausrüstungen, sind – nicht zuletzt als Abfall – einem Abbau-/Erosionsprozess unterworfen, was zur Folge hat, dass nanoskalige Strukturen in die Umwelt gelangen. Gleiches gilt für Prozesse, die nicht absolut geschlossen ablaufen – auch hier ist mit Freisetzungen von synthetischen Nanomaterialien zu rechnen.

Einer bestimmungsgemäßen oder ungewollten Freisetzung zufolge können die freigesetzten Partikel entweder durch photochemische oder durch chemische Einflüsse verändert werden; oder es können Verbindungen zu anderen Partikeln oder Oberflächen auftreten. Folgend auf diese oder andere Oberflächenveränderungen sind weitere Verteilungsmuster in die Umweltmedien möglich, wobei die Verbringung in die Luft, in das Wasser oder in den Boden zu unterscheiden sind. In diesen Umweltmedien kann es nun zum Kontakt oder zur Aufnahme von Organismen kommen, wobei die Persistenz spätestens in diesem Stadium zu einer Schlüsselgröße wird. Anmerkung: Eine Studie zeigte, dass Eisennanopartikel im Grundwasser über eine Distanz von bis zu 20 Metern mobil sind und während einem Zeitraum von 4 bis 8 Wochen reaktiv bleiben.<sup>36</sup> Von erheblicher Relevanz für das Verhalten in der Umwelt, Bioverfügbarkeit und Reaktivität sind überdies Aggregation und Agglomeration von Nanomaterialien. In weiterer Folge sind die Effekte der Bioakkumulation, akute oder chronische toxische Effekte und Vorgänge parallel zu betrachten.

---

<sup>36</sup> Zhang et al. 2003: Comparative toxicity of standard nickel and ultrafine nickel in lung after intratracheal instillation. J. Occup Health 2003, 45, 23-30

### Ansätze für Risikoabschätzungen

Die Dokumentation über Effekte von Nanopartikeln auf Organismen beschränkt sich heute noch auf Blitzlichtaufnahmen. In einigen Wasserorganismen scheinen sich synthetische Nanomaterialien zu konzentrieren. Ob sich Nanomaterialien entlang der Nahrungskette anreichern können ist noch nicht bekannt – auch hier sind fallspezifische Einzeluntersuchungen notwendig. Es verdichten sich jedoch Befunde, die die plausible Theorie stützen, dass biozide Wirkungen synthetischer Nanomaterialien auch eine Relevanz für Nichtzielorganismen in der Umwelt haben können. Dies hat Relevanz beispielsweise für antimikrobielle Nanomaterialien, wie Silber, Zinkoxid oder Titanoxid, deren Anwendungsbereiche in der Lebensmittel- sowie Kosmetikindustrie, aber auch in der Lebensmittelverarbeitung stark im Zunehmen begriffen sind. Auch Kombinationswirkungen, etwa mit ultraviolettem Licht, sind zu beachten. Dies gilt etwa für Nanotitanoxid, welches in Verbindung mit UV-Licht giftig für Algen und Wasserflöhe ist. Auch Nanozink-Partikel haben auf diese Zielorganismen toxische Wirkungen.

Vermeehrt Unterstützung finden auch jene Befunde, welche antibakterielle Nanosubstanzen Beeinflussungen der Symbiosen von Pflanzen mit Stickstoff fixierenden Bakterien respektive Beeinflussungen des Stickstoffhaushalts im Süß- und Salzwassermilieu nahe legen. Ökosystemare Destabilisierungen auf Grund dieser Effekte sind aus heutiger Sicht keineswegs auszuschließen. Ebenso in Betracht zu ziehen ist die Tatsache, dass die Wechselwirkungen von Nanopartikeln mit Ökosystemen keineswegs ein Novum darstellen: Verbrennungsprozesse (sei es Holzbrand oder seien es Prozesse bei denen fossile Materialien verfeuert werden) sind als Quellen nanoskaliger Emissionspartikel (Feinstaub) zu erwähnen. Diese werden als Argument dafür ins Treffen geführt, dass Ökosysteme und Organismen nicht erst durch die Anwendung und Freisetzung synthetischer Nanomaterialien mit Partikeln dieser Größe konfrontiert werden. Unter Berücksichtigung des Potenzials von Nanopartikeln mit Proteinen, Nukleinsäuren und anderen biologischen Molekülen zu interagieren ist es wahrscheinlich, dass einzigartige negative Effekte, die zuvor bei Chemikalien nicht beobachtet wurden, in anderen physikalischen Formen vorkommen könnten. Wenngleich es dafür noch keine bestätigenden Befunde gibt, sollten die Methoden zur Gefährlichkeitsbeurteilung diese Möglichkeit berücksichtigen.

In einem Modelling-Ansatz von Forschern der Schweizer Empa, einer interdisziplinären Forschungs- und Dienstleistungsinstitution für Materialwissenschaften und Technologieentwicklung, wurden mögliche Umweltauswirkungen von Nanomaterialien in der Schweiz abgeschätzt. Die sogenannten PNECs (=Predicted No Effect Concentration)<sup>37</sup> wurden aus vorhandenen Toxizitätswerten für aquatische Organismen berechnet. Da wenige Daten vorhanden sind und mit den traditionellen Methoden gemessen worden sind, wurden große Sicherheitsfaktoren eingesetzt. Für nano-Titandioxid beziehen sie sich auf eine Veröffentlichung mit akuten aquatischen Toxizitäten für Daphnie und Fisch und geben für den berechneten PNEC genannte  $<1\mu\text{g/l}$  an. Laut deren Berechnungen sind die aktuellen Konzentrationen von nano-Titandioxid bereits in dieser Größenordnung ( $0,7 - 16 \mu\text{g/l}$ ). Bei Nano-Silber und Nano-Kohlenstoffröhrchen haben die abgeschätzten PECs (= Predicted Environmental Concentration) die PNECs in diesem Modelling-Ansatz bei weitem nicht erreicht.<sup>38</sup>

Im Projekt „NanoRate - Nutzen und Risiken von Nano-Produkten: Eine Bewertung aus der Lebenszyklusperspektive“ wird eine wasserabweisende, widerstandsfähige und leicht zu reinigende Beschichtung für Holzfußböden sowie eine easy-to-clean Beschichtung für Glas bewertet. Im Rahmen einer Lebenszyklusanalyse werden gesundheitliche und umweltbezogene Risiken miterfasst, da sie einen allfälligen Energie- und Ressourcennutzen in

<sup>37</sup> Jener Wert, bei dem keine Wirkung auf die Umwelt zu erwarten ist

<sup>38</sup> Nicole C. Mueller, Bernd Nowack: Exposure Modeling of Engineered Nanoparticles in the Environment. Environ. Sci. Technol., 2008, 42 (12), 4447-4453



Frage stellen könnten. Das Projekt wird vom IFZ<sup>39</sup> Graz (Projektleitung), die umweltberatung im Jahr 2008 bzw. dem Verein für Konsumenteninformation im Jahr 2009, dem Österreichisches Ökologie-Institut sowie dem Institut für Technologie- und Regionalpolitik/Joanneum Research durchgeführt. Auftraggeber sind der Jubiläumsfonds der Österreichischen Nationalbank sowie das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft/Abteilung Chemiewirtschaft. Die Laufzeit des Projekts ist bis September 2009 veranschlagt.

#### **Aggregation und Agglomeration von Nanopartikeln<sup>40</sup>**

##### Einzelpartikel, Aggregate und Agglomerate

Es muss zwischen Aggregaten und Agglomeraten von Nanopartikeln unterschieden werden. In Aggregaten liegen sehr starke Bindungskräfte zwischen den Partikeln vor, so dass es unwahrscheinlich ist, dass aus diesen Aggregaten Einzelpartikel freigesetzt werden. Diese Strukturen sind bei Anwendung der 100nm Grenze (ISO) häufig keine Nanopartikel mehr, sondern nanostrukturierte Materialien. Nano-Titandioxide sind hier ein Beispiel.

Agglomerate hingegen setzen sich aus schwach miteinander verbundenen Partikeln zusammen. Die Bindungen können prinzipiell unter Umweltbedingungen gelöst werden und sind somit als reversibel zu betrachten. Beispiele sind Silicananopartikel, Polymerisate wie Polystyrolsulfonat-Nanopartikel oder Reduktionsprodukte wie Goldnanopartikel in Goldsolen

##### Agglomeration und Wirkung

Grundsätzlich muss ein Aggregat aus primären Nanopartikeln oder ein Agglomerat im Größenbereich außerhalb des Definitionsbereiches nicht zwingend seine besonderen Eigenschaften verlieren. Beispiele hier sind die hochaggregierten Titandioxide, die trotz einer Größe oberhalb von 100 nm nach wie vor photokatalytische Eigenschaften der Primärpartikel zeigen. Zu berücksichtigen ist hier unter Umständen eine Abschwächung der Reaktivität durch Verbrauch an Oberfläche bei der Agglomeration oder durch Behinderung von Transportprozessen im porösen Agglomerat. Darüber hinaus werden sich die großen Aggregate/Agglomerate beim Transport durch Zellwände anders verhalten bzw. davon ausgeschlossen werden. Es muss jedoch hier bedacht werden, dass eine Deagglomeration an der Zellmembran oder in einem Organismus denkbar ist. Naheffekte bedürfen daher einer erhöhten Aufmerksamkeit.

##### Agglomeration und Transport

Für das Verhalten in der aquatischen Umwelt spielt die Agglomeration oder die Aggregatgröße bzw. die Größenverteilung eine bedeutende Rolle, da sie zu einem Teil das Transportverhalten und damit sowohl den Verbleib der Substanzen als auch die primären Zielorganismen kontrolliert. Führt die Kombination aus lokaler Wasserchemie und Eigenschaften der Nanopartikel zu Aggregation und somit Entstehung von eher mikroskaligen Agglomeraten, reduziert die Sedimentation der Agglomerate die lokale Wasserkonzentration. Die Partikel werden aber lediglich in das Sediment verlagert. Bei persistenten Materialien kann dies zu deutlich höheren Konzentrationen im Sediment führen als im Wasser vorlagen. Außerdem kann die unterschiedliche Transportreichweite von verschiedenen großen Agglomeraten dazu führen, dass weiter von der Emissionsquelle entfernte Sedimente stärker mit kleinen Partikeln kontaminiert werden, da die großen quellenah sedimentieren, die kleinen aber weit transportiert werden. Wenn der Effekt größenabhängig ist, kann eine weit entfernte Sedimentspezies stärker gefährdet sein als eine nahe Sediment oder aquatische Spezies.

Im Rahmen der Beurteilung von Risiken für die Umwelt sollte jenen Produkten im nanoskaligen Maßstab besonderes Augenmerk gewidmet werden, die bestimmungsgemäß in die Umwelt freigesetzt werden. Dies trifft besonders für Biozide und für Produkte zu, die gezielt chemisch-biologisch wirksam sein sollen (etwa im landwirtschaftlichen Bereich).

<sup>39</sup> Interuniversitäres Forschungszentrum für Technik, Arbeit und Kultur

<sup>40</sup> Frank von der Kammer, 2009

**Nanosilber<sup>41</sup>**

Silber wird aufgrund seiner bioziden Eigenschaften gegenüber Bakterien, Pilzen und Algen schon seit langer Zeit verwendet. Seit einigen Jahren wird Silber vermehrt auch in seiner nanopartikulären Form eingesetzt, die ein höheres toxisches Potenzial aufweist als herkömmliche Silberverbindungen. Für den Menschen ist Silber nur in sehr hohen Dosierungen toxisch. Produkte mit Nanosilber sind eine der bedeutendsten Klassen von Nanoprodukten, die vor allem beim klinischen Einsatz zur Beschichtung von Oberflächen gegen Keime eine bedeutende Rolle spielen: Sie zeichnen sich durch eine breite Wirksamkeit gegen eine Vielzahl von Krankheitserregern aus – sogar gegen solche, die gegen moderne Antibiotika bereits resistent sind. Darüber hinaus wird Nanosilber auch bereits in einer Palette von Konsumprodukten verwendet.

Dieser unspezifische Einsatz von Nanosilber als Bakterizid stößt jedoch auf Bedenken, denn die Entstehung von multiresistenten Keimvarianten könnte gefördert werden. Nicht auszuschließen ist zudem, dass die nützliche bakterielle Mikroflora der Haut durch nanosilberhaltige Kosmetika beeinträchtigt werden kann. Umweltrelevanz hat Silber, wenn es nach der Nutzung in das Abwasser gelangt und zu einer Erhöhung der Silberfrachten der Gewässer führt. Dann können Schädigungen aquatischer Lebewesen sowie von nützlichen Bakterien in Kläranlagen und Böden hervorgerufen werden.

Zur Umwelttoxizität und zum Umweltverhalten von Silbernanopartikeln ist noch wenig bekannt. Analogieschlüsse zu klassischen Silberverbindungen sind nur bedingt aussagekräftig, da Nanopartikel andere Eigenschaften aufweisen. Erste Untersuchungen liefern Hinweise, dass Silbernanopartikel ein höheres toxisches Potenzial aufweisen als Silberverbindungen und Silberionen. Zurückzuführen ist dies u. a. auf die Depotwirkung der in eine Zelle gelangten Nanopartikeln, aus denen kontinuierlich Silberionen abgegeben werden.

**Nanotitandioxid**

Weltweit werden bereits mehrere Millionen Tonnen Nanotitandioxid hergestellt: Die Einsatzgebiete sind mannigfaltig: Als (Photo)-Katalysator in Herstellungsprozessen, Sonnenschutzmittel, Fassadenanstrichen, Lacken und vielem mehr werden bereits vergleichsweise große Mengen in die Umwelt freigesetzt. Diese Nanotitandioxidmaterialien sind allerdings keineswegs als *ein* Stoff zu betrachten, da sie sich stark hinsichtlich Partikelgrößenverteilung, Gestalt (etwa sphärisch oder in Nadelform), Oberflächenreaktivität, Herstellungsprozess und mineralische Form (etwa Rutil oder Anatas) unterscheiden können. Hinzu kommt, dass die Partikel verschieden gecoatet sein können: Eine Unterscheidung in anorganisch oder organische, sowie etwa hydrophile oder hydrophobe Coatings ist möglich.

All diese Faktoren können für eine unterschiedliche potenzielle Gefährlichkeit verantwortlich zeichnen. Ein wichtiges Projekt zur Abschätzung dieser Faktoren wird zurzeit auf OECD-Ebene durchgeführt. Österreichische Forscher/innen des Instituts für Geowissenschaften der Universität Wien sind hier aktiv involviert, um bei unterschiedlichen Nanotitandioxidmaterialien Parameter zu bestimmen, die im Wasser zu unterschiedlichem Verhalten führen. Dieses Vorhaben wird durch das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft sowie das Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie finanziell unterstützt, die Koordination erfolgt durch das Umweltbundesamt.

**Emissionsquellen – Elemente einer Emissionssituation für Österreich**

Das potenzielle Spektrum von Emissionspfaden für nanoskalige Materialien ist darstellbar durch eine Mischung aus punktförmigen und diffusen Quellen. Als punktförmige Quellen kommen Fertigungsstätten von Nanomaterialien, Mülldeponien und Orte von Verbrennungsprozessen in Frage. Diffuse Quellen könnten Ablagerungen aus der Atmosphäre respektive Abriebsrückstände von Produkten und Oberflächen darstellen. Ebenfalls von Umweltrelevanz sind Rückstände von Produkten aus dem Bereich der Pharmazeutika und

<sup>41</sup> NanoTrust-Dossier 010 „Nanosilber“, April 2009, Institut für Technikfolgen-Abschätzung, Wien

Kosmetika, welche nach ihrem Gebrauch oder durch Körperausscheidungen in die Umwelt gelangen.

Bei der Beurteilung potenzieller Belastungen von Umweltmedien in Österreich durch Nanomaterialien sind besonders kleinräumige und empfindliche Ökosysteme in Betracht zu ziehen. Es ist aus heutiger Sicht durchaus plausibel, dass etwa die Biozönose von Kläranlagen durch das punktuelle Einbringen biozider Nanomaterialien Schaden nehmen könnte. In Analogie zu Untersuchungen an Badeseen, welche sich mit der Akkumulation von Bestandteilen aus Kosmetika auseinandergesetzt haben, wäre auch die Kontamination von Badegewässern mit nanoskaligen Rückständen aus Kosmetika als mögliches Österreich spezifisches Gefährdungsszenario zu untersuchen.

Als weitere punktförmige Quelle für Emissionen von Nanomaterialien kommen Fertigungsstätten derartiger Produkte in Österreich in Betracht. Gemeinsame Untersuchungen mit jenen zur Abschätzung der Arbeitsplatzsituation sollten auch mögliche Auswirkungen auf umgebende Ökosysteme abdecken. In Analogie zur Untersuchung von Abwässern von Krankenanstalten und zu Untersuchungen vom Abbauverhalten pharmazeutischer Wirkstoffe in Kläranlagen wären spezifische Untersuchungen für Österreich im Hinblick auf nanoskalige Bestandteile von Pharmazeutika notwendig, sollte das Löslichkeitsverhalten derartiger Produkte einen Transfer in Gewässer nicht ausschließen.

Eine wichtige Emissionsquelle können Auswaschungen von Fassadenanstrichen darstellen. Ralf Kaegi von der Eawag, dem Wasserforschungs-Institut des ETH-Bereichs und seine Forschungsgruppe konnten synthetisches Nanotitandioxid in Oberflächengewässern nachweisen und den Ursprung dieser Partikel auf den Ablauf von mit nano-TiO<sub>2</sub>-haltiger Farbe gestrichenen Fassaden zurückführen. Elektronenmikroskopie der Fassaden zeigte, dass die freigesetzten Partikel noch zum Teil in das organische Bindemittel eingebettet waren, aber dass auch bereits viele freie Nanopartikel nachweisbar waren – insbesondere bei gealterten Fassaden. Auch die Oberflächenbeschichtung sollte bei allfälligen Toxizitätstests mitberücksichtigt werden.

Bei Versuchen mit Nano-Silber zeigte sich, dass Nano-Silber-Partikel im Fassadenablauf in freier Form vorlagen: Sie waren wenige Nanometer groß (< 15 nm) und agglomerieren nicht. Erste ökotoxikologische Studien weisen darauf hin, dass Partikel dieser Größe von Algen aufgenommen werden können.

## **Resümee**

Nanotechnologien bzw. Produkte auf Basis synthetischer Nanomaterialien haben das Potenzial, einen maßgeblichen Beitrag zu Ressourcen- und Energieschonung sowie Abfallvermeidung zu leisten. Zudem können durch Nanotechnologie Schadstoffe in der Umwelt reduziert werden, indem sie neuartige Verfahren zu Schadstoffentfernung ermöglicht oder den Einsatz schädlicher Substanzen mindert. Bei der Beurteilung von Umweltauswirkungen von nanotechnologischen Prozessen bzw. Produkten ist es notwendig, eine lebenszyklusorientierte Betrachtungsweise anzulegen. Sowohl die Erzeugung, die Nutzung als auch die Entsorgungsphase sind demnach auch bei Produkten der Nanotechnologie resp. bei Nanomaterialien miteinzubeziehen.

### **Effekte auf Basis inhärenter Eigenschaften**

Stoffe in Nanoform können andere biologische Eigenschaften aufweisen als Stoffe in Nichtnanoform – meist aufgrund eines erhöhten Oberflächen/Volumenverhältnisses. Auch die Form sowie die Ladung der einzelnen Partikel sind von Relevanz. Synthetische Nanomaterialien können aufgrund Ihrer Kleinheit leichter im Körper transportiert und in Zellen aufgenommen werden. Dort kann es etwa zu oxidativem Stress und in der Folge zu Entzündungsreaktionen kommen.

Bei möglichen Umweltauswirkungen ist zu beachten, dass Nanomaterialien bei Kontakt mit den Medien Luft, Wasser oder Boden ihre Eigenschaften verändern können. Insbesondere kann Aggregieren oder Agglomerieren das Verhalten von Nanomaterialien beeinflussen.

Aus (öko)toxikologischer Sicht ist zudem wesentlich, dass entgegen der klassischen Herangehensweise Testungen zur Sicherheit von chemischen Stoffen die Toxizität nicht durch Angabe der Dosis oder Konzentration in Masse (etwa g/l) geeignet ist: Viel mehr sind Parameter vorzuziehen, welche sich auf die Oberfläche oder die Teilchenanzahl beziehen.

### **Expositionsszenarien**

Vor dem Hintergrund des Anstiegs in Produktion, Gebrauch und Entsorgung hergestellter Nanomaterialien ist ein Anstieg der umweltbezogenen Exposition mit diesen Materien unausweichlich. Wie auch im Fall der Beurteilung von Risiken für die menschliche Gesundheit ist eine Beurteilung des Verbleibs und des Verhaltens von Nanomaterialien in den einzelnen Umweltmedien eine Grundvoraussetzung, um potenzielle ökotoxikologische Effekte für einzelne Lebewesen vorherzusagen und zu beurteilen. Von zentraler Bedeutung ist eine Abschätzung der Freisetzungsmuster für Nanomaterialien. Um Expositionskonzentrationen von Nanomaterialien in der Umwelt festzustellen und zu erfassen, ist ein detailliertes Verständnis jener Prozesse nötig, die das Verhalten dieser Partikel in der Umwelt beschreiben (SCENIHR, Risk Assessment of Products of Nanotechnologies 2009).

### **Ansätze für Risikoabschätzungen**

Wenngleich punktuelle Einzelbeurteilungen von Nanomaterialien sowie den möglichen Risiken für die Umwelt und die menschliche Gesundheit vorliegen, wird ein geeignetes Instrumentarium zur Beurteilung synthetisch hergestellter Materialien zu den inhärenten Eigenschaften und zur Exposition von einer breiten Palette von Produkten benötigt. Auf Basis einer Methodologie, die geeignet ist, die inhärenten Eigenschaften von Nanopartikeln spezifisch abzubilden, sind in gleicher Weise repräsentative Expositionsdaten notwendig, um Rückschlüsse auf potenzielle Risiken für die menschliche Gesundheit oder die Umwelt ziehen zu können. Dabei sollte nicht nur von derzeitigen Anwendungsformen von Nanomaterialien, sondern auch von zukünftigen ausgegangen werden. Darüber hinaus muss als Basis einer nanospezifischen Risikoabschätzung das Freisetzungspotenzial von Nanomaterialien erfasst werden, auch in den Lebenszyklus-Stadien des Gebrauchs und der Entsorgung.

### **Emissionsquellen – Elemente einer Emissionssituation für Österreich**

Auch auf Basis der bereits heute bekannten Nanomaterialien und ihrer Anwendungsformen sind regionale Belastungssituationen mit Nanomaterialien auf Grund von punktförmigen Emissionsquellen denkbar. Anwendung von Nanomaterialien im großen Maßstab können – besonders im Hinblick auf Abwitterungs- und Erosionsvorgänge – auch zu einer Hintergrundbelastung mit diesen Materialien führen. Ein besonderes Augenmerk gilt außerdem der Beobachtung und Beurteilung der potenziellen Gefährdung im Zuge des Herstellungsprozesses von Nanomaterialien (Stichwort: Arbeitsschutz und Industrieanlagenemissionen).

### **Nanomaterialien und REACH**

Die im Juni 2008 veröffentlichte Mitteilung zu Regelungsaspekten der Nanotechnologie<sup>42</sup> besagt, dass REACH die Risiken im Bereich Nanotechnologie im Prinzip abdeckt, obwohl es keine spezifischen Regelungen für Nanomaterialien enthält. Es besteht jedoch in einigen Bereichen Adaptierungsbedarf bzw. die Notwendigkeit für konkrete Leitlinien zur Implementierung. Die EU-Arbeitsgruppe „REACH-Nano“ wird daher bis 2012 spezifische für Nanomaterialien relevante Bereiche von REACH bearbeiten. Ziel ist die Veröffentlichung eines REACH-Leitfadens für Nanomaterialien bis spätestens Juni 2012 und die Durchführung anderer Adaptierungen. Die Arbeitsgruppe widmet sich folgenden Bereichen: Anhang IV

<sup>42</sup> <http://ec.europa.eu/nanotechnology>

und V (Ausnahmen von der Registrierungsverpflichtung), Stoffidentität, Registrierung, Einstufung und Kennzeichnung, Information in der Lieferkette, Testmethoden, Anhang XIV (Liste zulassungspflichtiger Stoffe) sowie Risikomanagement III1.

### **Freiwillige Systeme**

Wenngleich freiwillige Systeme und Umfragen dazu geeignet sind, einen ersten Einblick in den Wissenschaftszweig der Nanotechnologie und der Produktion von Nanomaterialien zu schaffen, so können derartige Instrumente keineswegs einen systematischen und verpflichtenden Erkenntnisgewinn und eine ebensolche Beurteilung auf Basis rechtlich verankerter Instrumente ersetzen.

### 3.3 WIRTSCHAFT

Die Nanotechnologie ist eine zukunftsweisende Technologie im Bereich der Miniaturisierung. Sie verspricht neue Produkte mit hohem Nutzen für die Verbraucher/innen, wesentliche Verbesserungen in der Energieeffizienz sowie weitreichende Einsparungen von Materialien. Nebst einem immensen Beitrag für eine nachhaltige Nutzung von Ressourcen bietet die Nanotechnologie eine selten so ausgeprägte Gelegenheit für innovative österreichische Unternehmen. Es soll ein erklärtes Ziel Österreichs sein, die angewandte Forschung und Entwicklung nach allen Kräften zu fördern. Insbesondere sollen Bereiche gefördert werden, die den zivilen und friedlichen Einsatz der Nanotechnologie eröffnen. Es müssen Möglichkeiten geschaffen werden, dass besonders Kleine und Mittlere Unternehmen (KMU) und Forscher/innen, die am Beginn ihrer Arbeiten stehen, ausreichend unterstützt werden. Gerade diese beiden Gruppen bergen ein immenses Potenzial an erfinderischem Reichtum. Gleichzeitig können diese Gruppen aber auch relativ kostengünstig einen sehr großen Beitrag zum technischen Fortschritt beitragen.

In einigen Bereichen wird eine vertiefende Erforschung von Risiken durch nanotechnologische Werkstoffe notwendig sein. Diese soll dort, wo es gilt Doppelgleisigkeiten zu vermeiden, EU-weit koordiniert durchgeführt werden. So können Ressourcen effizient und abgestimmt eingesetzt und Parallelprojekte vermieden werden. Gleichzeitig entsteht so auch eine faire Kostenteilung zwischen den Mitgliedstaaten. Sinnvollerweise sollten sich öffentliche Zuwendungen in Österreich auf solche Bereiche beschränken, die relevant für den Standort sind. Vorzugsweise sollten deshalb diese österreichspezifischen Untersuchungen unmittelbar im Kontext von Grundlagen- und angewandter Forschung durchgeführt werden.

Die Sicherheit von am Markt befindlichen Produkten muss gewährleistet sein. Ein grundlegender Beitrag dafür ist die ständige Beteiligung der Wirtschaft an gezielter Risikoforschung im Rahmen diverser Zulassungs- und Registrierungsprozeduren. Darüber hinaus werden z.B. international bereits im Rahmen der OECD mit Beteiligung der Wirtschaft nanorelevante Testmethoden erarbeitet. Auch freiwillige Maßnahmen wie branchenspezifische Leitfäden oder Codes of Conduct sind ein wertvoller Beitrag, Sicherheitsstandards zu erhöhen und die unternehmerische Verantwortung wahrzunehmen. In diesem Zusammenhang wäre es sinnvoll in Zusammenarbeit mit der Wirtschaft auch Anreizsysteme, z.B. Erleichterungen bei Meldeverpflichtungen, bei Erfüllung von solchen freiwilligen Maßnahmen zu erarbeiten. Vor dem Hintergrund dieser umfangreichen Bestrebungen sind weitere Verpflichtungen und finanzielle sowie organisatorische Aufwände nicht angemessen. Gerade mit REACH werden umfangreiche Daten generiert. In diesem Zusammenhang ist davon auszugehen, dass mit Fertigstellung validierter Verfahren zu nanoskaligen Stoffen sich die Datenlage allgemein stark verbessern wird. In diesem Zusammenhang sind Initiativen wie bereits laufende Branchengespräche des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie sehr sinnvoll und zielführend.

Die im Rahmen des vorliegenden österreichischen Aktionsplans verwendete Arbeitsdefinition<sup>43</sup> für Nanotechnologie umfasst Nanopartikel (3D), Nanofasern (2D) sowie eindimensionale Nanopellets und Nanoschichten. Damit geraten jedoch Analysetechniken (Rastersondenmikroskopie, Reflexionsmessungen usw.) aus dem Blickfeld. Selbiges gilt für Beschichtungstechnologien und Bereiche der Mikroelektronik. Für eine umfassende Betrachtung der wirtschaftlichen Möglichkeiten und Einflüsse auf die Wirtschaftsprozesse müssen Gerätschaften wie nanotechnologische Produktionsanlagen oder Analysetechnologien mitbetrachtet werden. Dies ist im Rahmen der Arbeitsgruppe Wirtschaft geschehen.

---

<sup>43</sup> Siehe Seite 6



## Situation in Österreich

### Vorbemerkungen

Konkrete Anreize für Wirtschaft und Forschung sind essenziell, wenn die Innovationskraft eines Landes gestärkt werden soll. Dies sollte stets auch im Kontext mit der Einbettung Österreichs in die europäische Staatengemeinschaft bzw. mit den Entwicklungen hin zu einer Globalisierung gesehen werden: Heimische Institutionen stehen somit immer einer Vielzahl von Wettbewerbern gegenüber. Gleiches gilt auch für nationale Sonderbestimmungen. Selbst wenn das strenge gesetzliche Regime die Produktion oder Anwendung von Neotechnologien einschränken oder gar verbieten würden, so könnte nicht verhindert werden, dass etwa Nano-Anwendungen für Endverbraucher auf dem nationalen Markt erhältlich wären, was einer Benachteiligung der heimischen Wirtschaft gleichkäme.

Umso wichtiger erscheinen deshalb all jene Bemühungen, die nationale Alleingänge verhindern und eine harmonisierte Forschung von Risiken, aber auch eine harmonisierte Gesetzgebung hinsichtlich der Nanotechnologie zum Ziel haben.

### Konkrete Anwendungen

Im Rahmen der Auseinandersetzungen mit bereits existierenden Anwendungen in Österreich kann derzeit nur – wie auch bisherige Projekte diesbezüglich gezeigt haben – ein punktuelles Bild der Lage gezeichnet werden. Dies liegt in erster Linie daran, dass oft sehr unterschiedliche Definitionen von Nanotechnologie in verschiedenen Branchen und Sparten üblich sind. In einigen Bereichen ist zu beobachten, dass eine gewisse Zurückhaltung bei der Deklaration „Nano“ vorherrscht. Dies wird von Unternehmen oft dadurch begründet, dass im Moment in einigen Bereichen ein zum Teil irrationaler öffentlicher Diskurs über Nanoanwendungen stattfindet. Parallel dazu konnte in den vergangenen Jahren das Phänomen beobachtet werden, dass mit Nano-Produkten geworben wurde, deren Nano-Haltigkeit stark in Zweifel gezogen werden kann. Gerade diese Zerrbilder zeigen, dass in der Diskussion neben einer präzisen Definition von Nano auch stets strategische Überlegungen eine wichtige Rolle spielen. Ein Beispiel: Viele gewerbliche und industrielle Anwender wenden – ebenso wie Endverbraucher – bereits Lacke, Imprägniermittel, aber auch analytische Instrumente an, deren „Nano-Haltigkeit“ eine Frage der Definition ist. Darum ist schwer zu beurteilen, ob diese Anwendungen nun eine Zukunftshoffnung, bereits etabliert oder nicht von Interesse sind.

Umso schwieriger erscheint in diesem Zusammenhang die klare Etikettierung von Nano in Anwendungen oder Produkten. Ein mögliches Ziel kann sein, mithilfe der im vorliegenden Aktionsplan erarbeiteten Erkenntnisse schrittweise jene Felder zu bestimmen, die in Österreich von besonderer Relevanz sind – um diese z.B. hinsichtlich des Arbeitnehmerschutzes genauer zu analysieren. Wichtig dabei ist, überhaupt festzustellen, wer mit einer eventuellen Kennzeichnung worüber informiert werden soll bzw. ob ein Zusatznutzen überhaupt gegeben ist. Besonders sollte Bedacht darauf genommen werden, dass verpflichtende Kennzeichnungen in der Regel als Signal für eine „Gefährdung“ aufgefasst werden. Freiwillige Kennzeichnung, z.B. Gütesiegel, hat im Gegensatz dazu überwiegend positiven Beigeschmack.

Zum gegebenen Zeitpunkt kann diese Relevanz nur ansatzweise wiedergegeben werden. Eine punktuelle Umfrage bei österreichischen Unternehmen aus Branchen, die immer wieder mit Nanotechnologien in Verbindung gebracht wurden, ergab folgendes Stimmungsbild:<sup>44</sup>

### Textil- und Lederindustrie

Im Bereich der Textil- und Lederindustrie gehen befragte Unternehmen durchschnittlich von einem zukünftig zu erwartenden Umsatzanteil von Nanoprodukten von 20 - 30% aus. Der

---

<sup>44</sup> Weitere Details zu Einsatzbereichen in der Wirtschaft siehe Anhang 3



Einfluss auf den wirtschaftlichen Erfolg wird mit „durchschnittlich“ bewertet. Einzelne Unternehmen rechnen sogar mit einem Anstieg des Umsatzanteiles von heute 10 auf 90%. In diesen Bereichen geht der Trend in Richtung Produktion von hochwertigen Spezialprodukten. Genannte Motivation für den Einsatz von Nanotechnologie sind neue Möglichkeiten bei den Oberflächen, Differenzierung zum Wettbewerb und Stimulierung der Nachfrage. Für den Kunden ergeben sich dadurch verbesserte Gebrauchseigenschaften von Produkten, wie z.B. geringes Anschmutzungsverhalten. Die kundenseitige Nachfrage nach funktionalen Oberflächen ist vorhanden. Unternehmen sehen gerade bei umfassenden Energieeinsparungen, längeren Standzeiten im Produktionsprozess und einer allgemeinen Stärkung der Konkurrenzfähigkeit des Standortes Österreich immense Chancen.

Die heute möglichen Anwendungen von Nanotechnologie in diesem Bereich wären umfangreicher, beschränken sich kommerziell jedoch nur auf Bereiche, deren Wirkung auf Mensch und Umwelt erforscht sind. Bei der eigenen Innovationskraft scheint man in dieser Branche auffallend zurückhaltend zu sein. Wirtschaftliche Risiken, die mit der eigenen Forschung verbunden sind, werden wenig in Kauf genommen. Dabei würden entsprechende Unterstützungen für Forschungsprojekte helfen.

Auf Grund des immensen Wachstumspotenzials ist die Textilbranche für eine weitere Entwicklung sehr interessant. Die massive Abwanderung dieser Betriebe in den letzten Jahren könnte durch innovative Produkte kompensiert oder eventuell umgekehrt werden. Das würde die Arbeitsmarktsituation spürbar entlasten und deutlich zu einer höheren Wertschöpfung führen können.

### **Papierindustrie**

Der erwartete Umsatzanteil der Nanotechnologie ist im Vergleich mit anderen Branchen relativ niedrig, er wird bis 2012 mit etwa 1,5% abgeschätzt. Zurzeit ist von einem hohen Importanteil von nanotechnologischen Produkten auszugehen. Jedoch wird der Einfluss allgemein und ganz besonders auf den wirtschaftlichen Erfolg als sehr hoch gewertet.

Die Nanotechnologien ermöglichen Produkte mit verbesserten und völlig neuen Eigenschaften. Insbesondere sind auch weitreichende Energieeinsparungen bei den Produktionsprozessen zu erwarten. Aufwand für Forschung & Entwicklung (F&E) und die Abklärung von möglichen Risiken sind jedoch hoch. Geförderte, kooperative F&E wird als ein wichtiger Erfolgsfaktor gesehen.

Die in ersten Pilotprodukten erzielten Ergebnisse konnten nur mit extrem hohem Aufwand erreicht werden. Ohne Förderungen wären diese Entwicklungen kaum finanzierbar gewesen. Die erzielten Ergebnisse ermutigen zur weiteren Entwicklung von Nanotechnologianwendungen bei Produkten und Prozessen. Bedingt durch die damit verbundenen technologischen, umwelt- und gesundheitsrelevanten Fragestellungen ist eine weitere Entwicklung ohne öffentliche Unterstützung kaum vorstellbar.

### **Glasindustrie**

Auch in diesem Bereich wird der Einfluss auf den künftigen wirtschaftlichen Erfolg als sehr hoch beurteilt. Besonders trifft das auf die Entwicklung neuer Eigenschaften für Werkzeuge, Produkte und Fertigungsprozesse zu. Vorteile entstehen durch neue und verbesserte Eigenschaften, wie beispielsweise wasserabweisend oder kratzfest. Dies ermöglicht zum Vorteil des Anwenders eine sehr nachhaltige und langlebige Nutzung von Produkten.

Weitgehend befinden sich Applikationen noch im fortgeschrittenen Entwicklungsstadium. Auch müssen noch Risiken vollständig erforscht werden. Das verzögert noch eine breite Markteinführung. Für diese Arten der Entwicklungen und Forschung sind Fördermittel sehr wichtig. Speziell in wirtschaftlich schlechten Zeiten sollte eine Förderung eine Motivation für Unternehmen sein, sich mit mittelfristig bis langfristigen angesetzten Projekten zu beschäftigen.

### **Chemische Industrie**

Die Lackindustrie ist bisher der einzige Bereich, wo nanoskalige Materialien bereits in Produkte verarbeitet werden. Hier gibt es auch die Schätzung, dass der Branchenumsatz innerhalb des nächsten Jahrzehnts zu fast einem Drittel mit Produkten erwirtschaftet werden wird, die sich auf Nanotechnologie stützen. Aktuelle Zahlen, die sich auf tatsächliche Verkäufe stützen, lassen sich auf Grund der fließenden Übergänge zwischen nano und nicht-nano nicht erheben.

In weiteren Bereichen beschränkt sich die Anwendung von nanoskaligen Materialien noch auf den experimentellen Einsatz zum Zwecke Produktentwicklung. In erster Linie sind das Katalysatorgrundstoffe, Kunststoffverpackungen, Faserherstellung, Arzneimittelherstellung und auch die Herstellung von Textilhilfsmitteln. Bekannt ist, dass sich bereits Konkurrenzprodukte am Markt befinden, die eine Auslobung mit Bezug zur Nanotechnologie erhalten haben. Im Bereich der Kosmetik besteht die spezielle Situation, dass die Mitgliedsfirmen in Österreich keine Produktion aufrecht erhalten haben, die in Rede stehenden Produkte jedoch auf den Markt bringen (z.B. Sonnenschutzmittel).

### **Elektro- und Elektronikindustrie**

Die Elektro- und Elektronikindustrie nimmt in der österreichischen Wirtschaft eine zentrale Rolle ein. Die Branche hat sich in den vergangenen Jahrzehnten von einem rein auf die Produktion von Gütern ausgerichteten Sektor hin zur maßgeblichen Infrastrukturbranche entwickelt. Dank einer vielfältigen Palette von hochinnovativen Produkten und Dienstleistungen zeichnet die Elektro- und Elektronikindustrie maßgeblich für die Modernisierung und Weiterentwicklung verschiedenster Infrastruktur-Bereiche, wie z.B. Energie, Verkehrs- und Telekommunikationsinfrastruktur, Elektrizitätserzeugung, -übertragung und -verteilung oder auch Gesundheit verantwortlich.

In all diesen Bereichen hat der Einsatz von modernen Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) in mehrfacher Weise einen wesentlichen Einfluss auf die wirtschaftliche und technologische Weiterentwicklung unseres Landes: Einerseits werden in diesem Technologiesektor pro Jahr in Österreich rund 15 Mrd. Euro erwirtschaftet. Andererseits ist der kontinuierliche Fortschritt im Bereich IKT eine essenzielle Säule für die Weiterentwicklung und Wettbewerbsfähigkeit des Wirtschaftsstandortes Österreich. Die Erforschung, Entwicklung und Anwendung von Nanotechnologien ist in diesem Zusammenhang die Basis für die logische Weiterentwicklung der Infrastruktur in den Bereichen Energie, Kommunikation, Verkehr oder auch Gesundheit, also in den Kernbereichen der Elektro- und Elektronikindustrie.

Auf dem Weg von der Elektronik zur Mikroelektronik und nunmehr Nanoelektronik wurde die Schranke zu „Nano“ schon sehr früh unterschritten: Die Schichtdicken lagen bereits bei den CMOS-Technologien<sup>45</sup> vor etwa 20 Jahren im Bereich von 100 nm(!). Die elektronischen Bauelemente enthalten aber keine Nanopartikel, die freigesetzt werden könnten, weder im Betrieb noch bei bzw. nach der Entsorgung. Die einzelnen Schichten haften extrem fest aneinander und bestehen in der Regel nicht aus Nanopartikeln, wie man sie z.B. aus modernen Kosmetika oder Lacken bzw. Beschichtungen her kennt. Im Bereich der (Mikro)elektronik wird Nano oft auch als Marketing-Begriff für Förderschienen verwendet, wobei nicht genau spezifiziert ist, welche Dimension überhaupt „Nano“ ist.

In der Produktion von Mikro/Nano-elektronischen Bauelementen (Chips) sind die bekannten Gefahren eher chemischer Art (verwendete Substanzen für Abscheidungen, Ätzen, Reinigen, Fototechnik etc.), die aber seit langem durch geeignete Vorschriften und Schutzmaßnahmen ausgezeichnet beherrscht werden. Die Fertigprodukte wie Silizium-Chips enthalten im Allgemeinen keine gefährlichen Stoffe mehr.

---

<sup>45</sup> Complementary Metal Oxide Semiconductor = Komplementärer Metall-Oxid-Halbleiter

Eine fachgerechte Entsorgung sollte generell bei allen Bauteilen und Geräten erfolgen, um Wertstoffe wiedergewinnen zu können. Aber in all diesen Fällen sind keine Nano-spezifischen Gefahren oder Effekte zu erwarten.

Zusammengefasst bietet die Forcierung von Nanotechnologie als Schlüsseltechnologie nicht nur einen hohen Nutzen im Alltag. Darüber hinaus birgt sie ein enormes Entwicklungspotenzial für die Branche, die für die Modernisierung und Weiterentwicklung der Infrastruktur am Standort Österreich verantwortlich zeichnet und ist damit auch Sinnbild für den technologischen und gesellschaftlichen Wandel im neuen Jahrtausend.

### **Keramikindustrie**

In der Herstellung von Keramikerzeugnissen werden ausschließlich natürliche Nanomaterialien, wie z.B. hochaktive Tonerden eingesetzt. In Österreich werden diese Materialien weiterverarbeitet, dadurch ergibt sich eine hohe Abhängigkeit von importierten Rohstoffen. Die allgemeine Abhängigkeit von Nanotechnologie kann in diesem Bereich als hoch gesehen werden. Anwendung findet sich in technischer Keramik, Feuerfestkeramik, mineralischen Putzen.

In Teilbereichen der Fein- bzw. technischen Keramik oder Feuerfestprodukten kann der Umsatz von Produkten, die Nanomaterialien enthalten bis zu 100% ausmachen. Innerhalb eines Unternehmens mit etwa 200 Mitarbeiter/innen sind das etwa 3% des Gesamtumsatzes. Ein mittelfristiger Zuwachs auf 6% ist zu erwarten. Produkte, die Nanomaterialien enthalten, spielen in diesem Bereich eine existenzielle Rolle auch beim Export. Die Exportrate der betroffenen Unternehmen liegt im Allgemeinen bei 60 bis >90%. Die Nachfrage nach nanotechnologisch hergestellten Produkten ist auf Grund hervorragender Eigenschaften groß.

Für die verarbeitenden Unternehmen ergeben sich Vorteile durch merkliche Energie- und Materialeinsparungen. Beim Arbeitnehmer ist von keinem erhöhten Risiko auszugehen, da geschlossene Kreisläufe, Absaugung oder Nassverfahren angewendet werden. Bei der Anwendung der Produkte sind die Nanomaterialien durch Aushärtung fest eingeschlossen bzw. direkt im Werkstoff eingebaut.

### **Kfz-Industrie**

Der Bereich gilt als großer Hoffnungsträger für Nanoanwendungen, wobei diese aber grundsätzlich bei der vielfältigen Zulieferindustrie zu erwarten sind. Reifen mit geringem Abrollwiderstand, Leichtbauteile, Speziallackierungen, verbesserte Katalysatoren oder optimierte Verbrennungsabläufe sind nur einige der genannten Anwendungsfelder.

### **Kunststoffverarbeiter**

Aus jetziger Sicht ist eine präzise Einschätzung des Einflusses von Nanotechnologie in wirtschaftlicher Hinsicht auf diesem Sektor wohl nicht oder nur sehr schwer möglich. Viele Unternehmen, die durch die vorteilhaften Eigenschaften von Nanomaterialien profitieren können und in erster Linie Anwender sind, halten sich bei Anfragen eher bedeckt. Sie vermeiden es Auskünfte zu geben, da der Begriff „Nano“ in unserem Sprachgebrauch noch nicht unbedingt als positiv verankert ist.

Die Anwender sind sich der möglichen Datenlücken und Risiken durchaus bewusst, wobei im Umgang mit Nanomaterialien bislang kein negativer Zwischenfall verzeichnet wurde. Auf Basis des derzeitigen Wissens wird von keinem erhöhten Risiko ausgegangen. Der Umgang erfolgt dennoch vorsorglich. Auf jeden Fall wäre es sehr sinnvoll, die Öffentlichkeit verstärkt über die Vorteile von Nanomaterialien zu informieren, um die eher skeptische Einstellung, die bei vielen Betroffenen vorherrscht, in eine positive umzuwandeln. Damit könnten die Chancen, die sich durch Anwendung dieser Technologie bieten verstärkt genutzt werden, und die Ängste bezüglich der Risiken genommen werden. Verstärkte Forschung auf diesem Gebiet könnte einen wichtigen Beitrag dazu leisten.

Ohne Zweifel bringt der Einsatz von Nanotechnologie Vorteile für Unternehmen, da ihre Produkte durch verbesserte Eigenschaften attraktiver für Kunden gemacht werden können. So können mit Hilfe von Nanomaterialien beispielsweise Oberflächen hergestellt werden, die Schmutzaufnahmen möglichst gering halten oder die Gleiteigenschaft von verpackten Gütern verbessert werden. Außerdem kann sie dazu verwendet werden, um Oberflächen herzustellen, die bereits für nachfolgende Klebevorgänge adaptiert sind.

### **Gewerbe (ohne Kunststoffverarbeiter)**

Der Bereich des Gewerbes ist eine sehr heterogene Gruppe, die durch Kleinstunternehmen geprägt ist. In erster Linie sind diese Betriebe Anwender, die sich der Vorteile von nanotechnologischen Produkten bedienen. Insbesondere werden Beschichtungen wie antibakterielle Beschichtungen oder div. Farben angewendet. Weiters sind aber auch selbstreinigende Fassadenelemente, umweltverträgliche Brandschutzmittel, Wärme- und Schallschutz, keramische Folien (Wandbeläge) u. ä. in Verwendung. In diese Gruppe fallen klassische Handwerksbetriebe wie Maler, Tischler, Baugewerbe u. ä.

Auffällig ist, dass Nanotechnologie per se kein Thema ist. Teilweise sind sich Unternehmen, die nanotechnologische Produkte anwenden, darüber nicht einmal ganz im Klaren. Wichtigster Faktor sind verbesserte Eigenschaften und die Erfüllung von Kundenwünschen. Auffälligkeiten bzgl. Risiko sind nicht geäußert worden. In diesem Kontext wurde stets auf das Sicherheitsdatenblatt verwiesen. Der Wunsch nach einer Definition worüber gesprochen wird, war gerade in diesem Bereich recht groß. Kompaktes Informationsmaterial zu Nanotechnologie ist erwünscht.

Neben dem kunststoffverarbeitenden Bereich ist jedoch für das chem. Gewerbe Nanotechnologie ein relativ relevantes Thema. Anwendungen sind sehr zahlreich und umfassen funktionale Beschichtungen, Nanopartikel, Kolloide, mikronisierte Wirkstoffe, Nano-Kieselsäure, leicht reinigende Beschichtungen, Nano-Schichtsilikate, Nanopigmente, selbstreinigende Fassadenelemente, Korrosionsschutzschichten, Nanomembrane (z.B. in der Trinkwassergewinnung), Farbstoffsolarzellen, sensorische Umweltüberwachung, photokatalytische Luft- und Wasserreinigung, Elektroden und Elektrolyten, Röntgenkontrastmittel, Lab-on-a-chip Systeme, Bio-Chip-Arrays, Krebstherapie durch Hyperthermie, Antimikrobielle Beschichtungen, Biosensoren, Markerstoffe, Wirkstofftransport, Sonnencremen und Kosmetika.

Offensichtlich ist, dass die Nanotechnologie auf Grund hervorragender Produkteigenschaften auch im Gewerbe längst Eingang gefunden hat. Auch wenn das Bewusstsein über potenzielle Datenlücken bezüglich Risiken ein Thema ist, ist positiv zu vermerken, dass bislang keine erhöhten Risiken in der Praxis beobachtet wurden. Zu den am Markt befindlichen Produkten herrscht allgemeines Vertrauen.

Tendenziell ist die Abhängigkeit von Importen sehr groß. Ein bedeutender Teil der Produkte wird nicht in Österreich hergestellt. Ein Gros der Wertschöpfung findet bereits jetzt außerhalb Österreichs statt. Dieser Trend darf nicht durch fehlende Investitionen in Forschung und Entwicklung sowie unbegründete Technologieängste weiter verschärft werden. Eine Informationskampagne zu Nanotechnologie für diesen Bereich ist sehr sinnvoll. Verstärkt sollte in diesem Zusammenhang, im Sinne des Arbeitnehmer/innenschutzes und mit den Zielen von REACH, der sichere Umgang mit Stoffen kommuniziert werden. Eine besondere Rolle müssen hier das Sicherheitsdatenblatt (SDB) und andere neue Informationsinstrumente nach REACH, beispielsweise das erweiterte SDB bzw. die Verordnung über die

Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen<sup>46</sup> mit dem Einstufungs- und Kennzeichnungsverzeichnis, einnehmen.

Eine genaue wirtschaftliche Abschätzung des Einflusses von Nanotechnologie ist nicht möglich. Klar ist jedoch, dass deren Einsatz Vorteile am Markt mit sich bringt. Auch der Wunsch von Kunden nach solchen Produkten ist klar erkennbar. Auch im Gewerbe ist Forschung im kleineren Maßstab ein wichtiger Faktor, wobei besonders auf die Kleinststrukturen Bedacht genommen werden muss.

## **Chancen für den österreichischen Wirtschafts- und Innovationsstandort**

### **Aktueller wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Nutzen**

Aus der bisher beschriebenen Situation ist ersichtlich, dass Nanotechnologie in zahlreichen Bereichen erfolgreich angewendet wird. Dabei wird technische Weiterentwicklung und zugleich die Herstellungsverantwortung bzgl. Risiken deutlich angesprochen und als wesentliche Punkte gesehen.

Besondere Vorteile durch Nanotechnologie sind zweifelsohne zahlreiche bereits existierende Erleichterungen in Form von elektronischen Geräten, die uns im Alltag in Form von Telefonen, Computern, Herzschrittmachern uvm. begleiten. Weitere Vorteile von Nanotechnologie sind nicht so leicht erkennbar, jedoch ebenfalls allgegenwärtig. Das sind zB. grundlegend neue oder verbesserte Oberflächen auf unseren Transportmitteln, Fassaden oder Windrädern, die dazu führen, dass Energiekosten erfolgreich gesenkt bzw. effizienter genutzt oder erzeugt werden.

Für eine neue Generation von Forschern bietet die Nanotechnologie ein großes Betätigungsfeld, aus welchem zahlreiche neue Stützpfiler für den Innovationsstandort erwachsen können. Viele Ideen sind noch Zukunftsmusik, viele aber in greifbarer Nähe. So scheint eine Krebstherapie durch den Einsatz von Nanopartikeln, auch bekannt als Hyperthermie, in absehbarer Zeit möglich. Muskelverstärkungen oder andere Implantate, die das Leben von stark eingeschränkten Patienten plagen sind jetzt noch Projekte in diversen Laboratorien, auf jeden Fall aber schon jetzt eine Chance für unsere Universitäten und Forschungseinrichtungen ein Teil dieser technologischen Revolution zu sein.

Aber auch weitere jetzt am Markt befindliche Produkte sind zum Vorteil des Konsumenten. Klimatische Veränderungen sind eine Realität. Ob Heizung oder Kühlung, für beides wird Energie benötigt. Entsprechende Beschichtungen können diesen Energieaufwand drastisch reduzieren. Ähnlich verhält es sich mit fossilen Brennstoffen. Auch bei diesen können z.B. optimierte Motoren oder Katalysatoren Energie sparen und den Ausstoß von schädlichen Bestandteilen noch weiter reduzieren. Geändertes Verhalten führt besonders in sonnenreicheren Regionen vermehrt zu krebsartigen Erkrankungen der Haut. Optimierte Sonnenschutzcremen, die auf Grund des Einsatzes von Nanotechnologie ausgezeichnete Eigenschaften gegen krebserzeugende Sonneneinstrahlung besitzen, bieten einen sehr effektiven Schutz.

---

<sup>46</sup> Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 des europäischen Parlaments und des Rats vom 16. Dezember 2008 über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen, zur Änderung und Aufhebung der Richtlinien 67/548/EWG und 1999/45/EG und zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006



### **Wirtschaftliches Entwicklungspotenzial der Nanotechnologie**

Die Nanotechnologie ist neben den bereits etablierten Umwelt- und Biotechnologien eine der Zukunftshoffnungen weltweit. Gleichzeitig befindet sich die österreichische Wirtschafts- und Forschungslandschaft gerade in einer Phase, in der die für die Zukunft entscheidenden Weichenstellungen erfolgen. Deshalb ist es die primäre Aufgabe aller Stakeholder, ein Sensorium für die Potenziale zu entwickeln und die richtigen Signale zur richtigen Zeit zu setzen. Während Universitäten und Forschungseinrichtungen gefordert sind, im richtigen Verhältnis Grundlagen- und angewandte Forschung bereit zu stellen, ist es Aufgabe der Unternehmen, ihre visionären Konzepte an die richtigen Adressaten zu bringen.

Zu guter Letzt sind es aber die Politik und die Geldgeber, die darüber entscheiden, ob der Nährboden für Nanotechnologie in Österreich attraktiv genug ist, um jene Institutionen gedeihen zu lassen, die immer wieder zu den Schrittmachern der wirtschaftlichen Entwicklung eines Landes zählen. Ein internationaler Rundblick zeigt, wie mühsam es oft für Staaten ist, die richtigen Forscher oder Unternehmen an Land zu ziehen. Gerade deshalb ist es wichtig, bestehende nationale Hoffnungspotenziale früh genug zu erkennen, um diese optimal zu unterstützen.

### **Stärkung der globalen Wettbewerbsfähigkeit**

Der Grund für die günstige Wirtschaftslage der vergangenen Jahre lag in Österreich unter anderem in einer starken exportorientierten Industrie bzw. Gewerbe. Gerade die Nanotechnologien sind prädestiniert, diese Erfolge, z.B. in der Umwelt- oder Biotechnologie, weiter zu unterstützen.

Einige Produktionszweige haben in den vergangenen Jahren und Jahrzehnten Europa den Rücken gekehrt, gleichzeitig konnten die Kristallisationspunkte der Innovation, wie Forschungs- und Entwicklungsabteilungen, teilweise hier gehalten werden. Es erscheint gefährlich, anzunehmen, dass dies ohne weiteres so bleiben wird, gerade wenn es sich um Technologien handelt, bei denen Europa noch keinen markanten Vorsprung vorzuweisen hat. Klare Signale für eine Standortsicherung von Neotechnologien wie der Nanotechnologie sind hier sowohl bei der Produktion als auch bei der Forschung und Entwicklung unersetzbar, da beide auf lange Sicht untrennbar miteinander verbunden sind. Vielmehr kann man erwarten, dass nanotechnologische Anwendungen als Kristallisationskeime für Entwicklungen in anderen, zunächst davon unabhängig erscheinenden Bereichen wirksam werden.

### **„Weiche“ Faktoren zur Standortattraktivierung**

Eine Vielzahl von Einzelparametern kann ausschlaggebend dafür sein, ob sich neue Technologien optimal an Standorten entwickeln können. Diese umfassender zu analysieren liegt nicht im Möglichkeitsbereich des Aktionsplanes. Trotzdem sollen folgende Aspekte kurz beleuchtet werden:

- Sich gegenseitig unterstützende Strukturen (Universitäten, Unternehmen, Forschungsförderung, Interessenvertretungen, ...) können einen Nährboden schaffen, in dem auf verschiedene Entwicklungspotenziale flexibel reagiert werden kann
- Transparente Genehmigungsvoraussetzungen (z.B. im Forschungs-, Labor- und Anwendungsbereich) fördern die Planungssicherheit und liefern einen sicheren Handlungsrahmen
- Der Faktor „KMU“ – insbesondere Ausgründungen von wissensbasierten Unternehmen – ist insbesondere für Österreich mit all seinen Stärken und Schwächen deutlich ausgeprägt und muss speziell betrachtet werden
- Österreich hat eine mannigfaltige Landschaft an Ausbildungsmöglichkeiten. Zwei wesentliche Säulen davon sind Universitäten und Fachhochschulen. Es ist nicht sinnvoll zu versuchen, diese beiden tragenden Säulen gleichzuschalten. Vielmehr sollten beider Exzellenz in zwei sich ergänzenden Bereichen weiter vertieft und gestärkt werden. Im Falle der Universitäten ist das die akademische Ausbildung zur Grundlagenforschung;



im Falle der Fachhochschulen die Ausbildung zur angewandten und praktischen Umsetzung von Wissen sowie eben dieser Forschung

- Eine Versachlichung technologiepolitisch relevanter Themen hat oft eine überraschend magnetisierende Wirkung auf die angesprochenen Institutionen. Neue Technologien sind stets mit Chancen, aber auch gewissen Risiken verbunden. Selbstredend muss ein allfälliges Risiko bestmöglich beherrscht werden. Ein ausgewogener gesellschaftlicher Konsens über den sicheren Umgang und allfällige Restrisiken muss garantiert sein. Die Entscheidungsfindung in einem solchen konsensualen Prozess muss fair, wissenschaftlich fundiert und transparent erfolgen. Dies gibt Unternehmen die notwendige Rechtsicherheit und auch die Motivation selbst noch transparenter und nachvollziehbarer darzulegen, warum ihre Produkte sicher sind. Das ist mitentscheidend dafür, ob ein Staat bloß zahlender Importeur und Konsument von Technologien wird oder selbst von diesen profitiert
- Unterschiedliche Technologien weisen unterschiedliche Zyklusgeschwindigkeiten auf. Während sich kurzfristige Forschungsvorhaben (ca. 2-3 Jahre) eher durch Banken finanzieren lassen, ist dies bei bis zu 15 Jahren dauernden Projekten praktisch unmöglich
- Einen besonderen Anreiz und Nährboden könnten Mikroförderungen für erste „Reißbrettideen“ sein. Vorstellbar wären Kurzprojekte von etwa 6 Monaten, um festzustellen, ob ein angedachtes Projekt im großen Stil durchführbar ist. Eine Maximalsumme von z. B. € 20.000,- pro Projekt ist angemessen
- Ebenso sind Risikostreuung bzw. Verlustwahrscheinlichkeiten wesentliche Faktoren bei der Bewertung von Vorhaben. Wo hier die Nanotechnologie steht und ob für sie ein einheitliches Potenzial-/Risikomuster besteht, ist ebenso noch weitgehend unbekannt
- Berücksichtigt werden sollen bereits vorhandene Empfehlungen zur Forschungspolitik, wie etwa jene des Rates für Forschungs- und Technologieentwicklung, da diese in umfassender Kenntnis der Forschungslandschaft entstanden sind
- Schließlich spielt auch z.B. der Faktor „Wirtschaftslage“ eine bedeutende Rolle: Das gegenwärtige wirtschaftliche Umfeld lässt die Bereitschaft zur Innovation trotz der Finanzierungsschwierigkeiten steigen.

### 3.4 WISSENSCHAFT, FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG

Die Nanotechnologien werden neben der Biotechnologie bzw. der Informationstechnologie als die Schlüsseltechnologien des 21. Jahrhunderts mit weit reichenden Auswirkungen auf die Wissenschaft, die industrielle Entwicklung und die Entstehung neuer Produkte angesehen. Daher wird die Nanotechnologie als höchst bedeutsam für eine erfolgreiche volkswirtschaftliche Entwicklung der kommenden Jahrzehnte eingestuft. Dies ist auch in der Zunahme der Forschungsgelder weltweit ersichtlich: Investierten 1998 die Regierungen weltweit um die 600 Millionen Dollar in die Forschung und Entwicklung der Nanotechnologien, waren es 2002 bereits 2,1 Milliarden und 2006 wird mit an die 6 Milliarden Dollar Investitionen gerechnet. Europa wendet hierbei ähnlich große Summen auf wie die USA und Japan.<sup>47</sup>

Gegenstand der Nanotechnologie - welche ein Sammelbegriff für unterschiedliche Techniken im Nanometerbereich ist - ist die Herstellung, Untersuchung und Anwendung von Strukturen, molekularen Materialien, inneren Grenzflächen und Oberflächen mit kritischen Dimensionen oder Fertigungstoleranzen von einigen wenigen bis ca. hundert Nanometern. In den wichtigsten Industriesparten wird in zunehmendem Maße erkannt, dass die Kontrolle der strukturellen und funktionellen Eigenschaften neuartiger Materialien - so genannter „Advanced Materials“ - auf der Nanometer-Skala den Schlüssel für technologischen Fortschritt und die Entwicklung neuer Produkte zur Eroberung neuer Märkte darstellt. Schon heute sind nanostrukturierte Materialien in vielen Produkten des täglichen Lebens enthalten und weisen durch ihre Nanostrukturierung neuartige Eigenschaften auf. So gibt es am Markt beispielsweise transparente Holzlacke gegen Vergrauung, nanostrukturiertes Silber zur Desinfektion in Kleidung, hoch sensitive Gen-Arrays (Labordiagnostik) und Zusatzstoffe in Kosmetika, Zahnpasten oder Nahrungsmitteln.

Nano ist ein Sammelbegriff für die Forschung und Arbeit an Strukturen in der Größenordnung von einigen 0,1 nm bis zu einigen 100 nm. Ein Nanometer entspricht  $10^{-9}$  Meter. Durch die Manipulation von Materie und Prozessen in dieser Größenordnung entstehen besondere chemische, biologische, elektrische, mechanische oder optische Eigenschaften dieser Materialien und Systeme, welche in der makroskopischen Welt neuartige Anwendungen ermöglichen. Viele Fachgebiete befassen sich mit Nano, vor allem: Biologie, Biotechnologie, Chemie, Elektronik, Energietechnik, Engineering, Material- und Werkstoffwissenschaften, Modellierung, Medizin, Mikrotechnik, Optik und Physik. Die interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen diesen Gebieten stellt eine wesentliche Herausforderung dar. Um so mehr ist auch der Aufbau einer verantwortungsvollen Begleitforschung zum Themenkomplex „Chancen, Risiken, Regulationen, Governance und Öffentlichkeit“<sup>48</sup> gefragt, welcher durch das Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie im Rahmen der NANO Initiative und darüber hinaus in Abstimmung mit regionalen Aktivitäten zusätzlich unterstützt wird.

#### Die österreichische NANO Initiative

Um die Nanowissenschaften und Nanotechnologien gezielt zu fördern, hat der österreichische Rat für Forschung und Technologieentwicklung - u.a. geleitet von der internationalen Entwicklung - 2002 die Einrichtung einer österreichischen NANO Initiative empfohlen. Diese wurde schließlich im Jahr 2004 als mehrjähriges Förderprogramm mit folgenden Zielen ins Leben gerufen: die Vernetzung zu verstärken, kritische Massen zu schaffen, Nano für Wirtschaft und Gesellschaft nutzbar zu machen sowie ausreichend qualifiziertes Fachpersonal bereitzustellen. Die NANO Initiative wird unter der Federführung des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT) gemeinsam von mehreren Ministerien,

<sup>47</sup> TA-SWISS (2006): Nano! Nanu? publifocus Nanotechnologien und ihre Bedeutung für Gesundheit und Umwelt, Bern

<sup>48</sup> ITA (2006): Nanotechnologie-Begleitmaßnahmen: Stand und Implikationen für Österreich, im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien

Bundesländern und Förderstellen getragen. Das Programm-Management wird von der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft GmbH (FFG) im Bereich Thematische Programme durchgeführt.

Nanowissenschaften und Nanotechnologien sind generisch und decken daher viele unterschiedliche Wissenschaftsdisziplinen und Forschungsfelder ab. Die Österreichische NANO Initiative nutzt die Stärke dieser Vielfalt und ermöglicht durch die intensive Vernetzung von Wissenschaft und Wirtschaft die Entwicklung neuester hochinnovativer Produkte mit neuartigen physikalischen oder chemischen Eigenschaften. Dadurch wird der gezielte, strategische Aufbau von Nano-Kompetenz in Österreich ermöglicht sowie darüber hinaus wesentliche Akzente im Ausbau der Forschungskompetenzen gesetzt. Der Schwerpunkt liegt auf der Entwicklung von innovativer Hochtechnologie an der Schnittstelle von Grundlagen- und anwendungsorientierter Forschung sowie auf der effizienten Nutzung nationaler Potenziale. Im Bereich der Nanowissenschaften und Nanotechnologien trägt die NANO Initiative in Österreich auch wesentlich zur verstärkten Bewusstseinsbildung bei. Um im Kontext der internationalen Entwicklungen das enorme wirtschaftliche Potenzial der Nanotechnologien von prognostizierten 1.000 bis 2.000 Milliarden Dollar<sup>49</sup> wettbewerbsstärkend für Österreich zu nutzen, liegt der Fokus entsprechend dem Strategiebericht „NANO Initiative 2009+“<sup>50</sup> weiters auf Internationalisierung und Know-how Gewinn durch Kooperationen mit internationalen und vor allem europäischen Partnern.

Im Rahmen des durch die Europäische Kommission erstellten Aktionsplans für Europa 2005-2009<sup>51</sup> wird an die Mitgliedstaaten appelliert, die öffentlichen Investitionen in Forschung & Entwicklung (F&E) in Nanowissenschaften und Nanotechnologien zu erhöhen und in die breit angelegte Diskussion über eine sichere, integrierte und verantwortungsvolle Strategie einzusteigen. Deren Ziel es ist, die führende Stellung der Europäischen Union bei F&E und Innovation in den Nanowissenschaften und Nanotechnologien zu festigen und gleichzeitig im Vorhinein Bedenken in Bezug auf Umwelt, Gesundheit, Sicherheit und Gesellschaft anzusprechen.

Die Österreichische NANO Initiative ist breit aufgesetzt. Auf Ebene der Programmsteuerung sind über den Lenkungsausschuss folgende Institutionen vertreten: die drei mit F&E-Politik betrauten Ministerien: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT), Bundesministerium für wirtschaftliche Angelegenheiten, Familie und Jugend (BMWFJ) sowie das Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung (BMWF); die drei großen Förderagenturen des Bundes: Forschungsförderungsgesellschaft (FFG), Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung (FWF), Austria Wirtschaftsservice (AWS); sowie die jeweils zuständigen Landesförderstellen. Unter der Federführung des BMVIT ist die FFG für die Abwicklung der NANO Initiative verantwortlich.

### **Programmziele**

Die NANO Initiative hat die Aufgabe, mittels zweier struktureller Programmlinien folgende Ziele in der Programmphase 2009 bis 2012 zu verfolgen:

- Verbreiterung der Kooperationsbasis zwischen Wissenschaft und Wirtschaft
- Stärkung der Forschungskompetenz in für österreichische Unternehmen relevanten Nano-Anwendungsfeldern
- Beschleunigung des Technologietransfers und der wirtschaftlichen Nutzung von Nanotechnologie

<sup>49</sup> Jörg, L., Werner, M. (2006): Interimsevaluierung der Österreichischen NANO Initiative, im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien

<sup>50</sup> Jörg, L., Werner, M. Tiefenthaler, B (2008): Bausteine zur Weiterentwicklung der NANO Initiative im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien

<sup>51</sup> Kommission der Europäischen Gemeinschaften (2005): Nanowissenschaften und Nanotechnologien: Ein Aktionsplan für Europa 2005-2009, Mitteilung der Kommission an den Rat, das Europäische Parlament und den Wirtschafts- und Sozialausschuss, Brüssel

- Verbesserung des Zugangs zu Know-how und Kooperationspartnern im Ausland
- Abbau von Unsicherheiten und Informationsdefiziten in Bezug auf Gesundheits- und Umweltrisiken von Nanotechnologie
- Verankerung der Nanotechnologie in der öffentlichen Wahrnehmung des österreichischen Forschungsstandorts, der Wissenschaftskommunikation und der Nachwuchsarbeit

Das Programmziel „Beschleunigung des Technologietransfers und der wirtschaftlichen Nutzung von Nanotechnologie“ wird insbesondere durch gezielte Branchengespräche und -veranstaltungen in für NANO relevanten Themenfeldern verfolgt. Ebenso ist die Verbreitung von Projektergebnissen der ersten beiden Programmphasen ein Beitrag zur Erreichung dieses Zieles.

Das Programmziel „Verbesserung des Zugangs zu Know-how und Kooperationspartnern im Ausland“ wird durch die Programmlinie Transnationale FTEI<sup>52</sup> Projekte (siehe dazu weiter unten) gefördert, in welcher vor allem ERA-Nets eingebunden sind. Dies ist eine wichtige Möglichkeit für nationale Antragsteller außerhalb der EU-Forschungsrahmenprogramme transnationale Kooperationen einzugehen.

Das Programmziel „Abbau von Unsicherheiten und Informationsdefiziten in Bezug auf Gesundheits- und Umweltrisiken“ wird im Programm für jedes eingereichte FTEI Projekt dahingehend verfolgt und umgesetzt, dass zusätzlich zur wissenschaftlichen-technischen Begutachtung weitere internationale Experten die möglichen Gesundheits- und Umweltrisiken ex ante evaluieren.

Das Programmziel „Verankerung der Nanotechnologie in der öffentlichen Wahrnehmung des österreichischen Forschungsstandorts, der Wissenschaftskommunikation und der Nachwuchsarbeit“ wird durch gezielte Unterstützung von Agenturen erzielt. Deren Aufgabe besteht in der Unterstützung des Programms sowie in systematischer Kommunikationsarbeit. Beispielsweise werden NANO-Innovationspraktika unterstützt, welche im Rahmen von „Forschung macht Schule“ durchgeführt werden.

Die Österreichische NANO Initiative umfasst folgende Programmlinien, die in gesonderten Ausschreibungen abgehandelt werden:

#### **Programmlinie Nationale FTEI-Projekte**

Ziel dabei ist es, im Rahmen von nationalen kooperativen FTEI Projekten – aufbauend auf Erkenntnissen aus den Nanowissenschaften – neue Verfahren und Anwendungen zu entwickeln. Dabei arbeiten mehrere Forschungseinrichtungen und Unternehmen in mehrjährigen Projekten zusammen, die von der Grundlagenforschung bis hin zur industriellen Forschung und Technologieentwicklung reichen (Verbundcharakteristik).

Projektvorschläge können im Rahmen von Ausschreibungen eingereicht werden. Teilnahmeberechtigt sind ausschließlich Konsortien, in denen Unternehmen und Forschungseinrichtungen zusammenarbeiten. Eine internationale Expertenjury nimmt die Bewertung der Projektideen sowie die Auswahl zur Förderung vor.

#### **Programmlinie Transnationale FTEI-Projekte**

Im Rahmen dieser Programmlinie sind auch Einreichungen von transnationalen Projekten außerhalb von ERA-Nets möglich. Insbesondere werden im Rahmen der European Research Area Networks (ERA-NETs) transnationale Kooperationen gefördert. Nationale Förderprogramme der im jeweiligen ERA-NET vertretenen Partnerländer sind für transnationale Konsortien zugänglich. Die Einreichungen erfolgen im Rahmen von Ausschreibungen.

---

<sup>52</sup> Forschung, Technologie, Entwicklung, Innovation

In den Jahren 2004-2007 wurden der NANO Initiative seitens des BMVIT €45 Millionen an Fördermitteln zur Verfügung gestellt. Diese wurden zu mehr als 80% in hoch innovative F&E Verbundprojekte investiert, welche mit einer Laufzeit von bis zu 7 Jahren und mehr als 200 beteiligten österreichischen Unternehmen und Forschungseinrichtungen einen deutlichen Innovationsschub initiierten. Für die Jahre 2008-2010 werden weitere €23 Millionen in NANO-Projekte investiert, von denen jedoch 2008 bereits €13,5 Millionen für die Verlängerung bestehender Verbünde vergeben wurden. Im gesamten Förderportfolio der FFG ist seit ihrer Gründung im Jahr 2004 das Gesamtfördervolumen über alle Programme, Initiativen und Bereiche hinweg von €317,5 Millionen auf ca. €550 Millionen im Jahr 2008 gestiegen.

Nano selbst wird neben der Förderung durch die „Österreichische NANO Initiative“ weiters noch durch Einzelprojekte über die FFG Basisprogramme mit einem Volumen von €26 Millionen gefördert (Zeitraum 2002-2008).

#### **FTEI Verbundprojekte (Projekt Cluster) gefördert durch die NANO Initiative**

- Der Projekt-Cluster „NSI - Nanostrukturierte Ober- und Grenzflächen“ steht unter der Federführung des NanoScience and Technology Center Linz (eine Initiative der Uni Linz mit anderen Instituten). Im Zentrum der Arbeit stehen u.a. biokompatible Nanostrukturen, beispielsweise für den Einsatz in der medizinischen Diagnostik und Therapie sowie nanostrukturierte Metallober- und -grenzflächen.
- Das Projekt „Nano Health“ wird unter der Leitung der Grazer Joanneum Research durchgeführt. Ziel ist die Entwicklung neuer Therapie- und Diagnostikansätze für Volkskrankheiten, wie z.B. Diabetes. Dies soll durch den Einsatz innovativer Nanopartikel, welche im Falle der Therapie pharmazeutische Wirkstoffe punktgenau zu kranken Organen oder Krankheitsherden bringen, erreicht werden.
- Das Verbundprojekt „ISOTEC - Integrated Organic Sensor and Optoelectronics Technologies“ wird ebenfalls von Joanneum Research und Technischer Universität Graz geleitet. Durch den Einsatz und die Kombination von neuartigen organischen Halbleitern sowie Strukturierungs- und Produktionsmethoden aus dem Bereich der Nanotechnologie sollen neue Anwendungsgebiete in der Sensorik und Optoelektronik erschlossen werden.
- Der Projekt-Cluster „NANOCOAT - Design und Herstellung multifunktionaler Oberflächen auf Basis nanostrukturierter Schichten“ wird vom Werkstoffkompetenzzentrum Leoben (Materials Center Leoben) geleitet. Ziele sind u.a. die Entwicklung von Verschleißschutzschichten für Werkzeuge sowie die Beschichtung von Kunststoffen.
- Ziel des Forschungsprojektclusters „PLATON - Processing Light - Advanced Technologies for Optical Nanostructures“ ist es, maßgebliche Aktivitäten im Bereich Photonik zusammenzuführen, um in Österreich kritische Massen zu generieren. PLATON kombiniert neue Technologien der Nanostrukturierung mit innovativen Konzepten für photonische Bauelemente und deren Anwendungen. Die Koordination liegt bei der Technischen Universität Wien.
- Der Koordinator des Verbundprojekts NILaustria, Profactor, vereint in diesem Projektcluster alle im Bereich Nanoimprintlithographie tätigen Forschungsinstitutionen von Österreich, Gerätehersteller sowie eine Reihe von Unternehmen, die an Anwendungen der Nanoimprintlithographie interessiert sind. Alle drei Varianten der Nanoimprintlithographie kommen zur Anwendung: Mikro- und Nanokontaktprinting, UV-basierte Nanoimprintlithographie und thermische Nanoimprintlithographie.
- Das Verbundprojekt „PHONAS – Photocatalytic NANO Layers“ ist aus fünf komplementären miteinander vernetzten Einzelprojekten zusammengesetzt. Ziel ist die Entwicklung der wissenschaftlichen und technischen Grundlagen für neue transparente, selbstreinigende und -sterilisierende Beschichtungen auf Basis photokatalytischer Nanopartikel (PCNP). Das Projekt wird koordiniert vom Austrian Institute of Technology GmbH (ehemals Austrian Research Centers).
- Das von PCCL Polymer Competence Center Leoben koordinierte Verbundprojekt „NanoComp – Performance Optimization of Polymer Nanocomposites“ verfolgt folgende

wissenschaftliche und technologische Zielsetzungen: Entwicklung von Compoundier- und Verarbeitungstechnologien für polymere NanoComposites, Ermittlung von Struktur-Eigenschafts-Beziehungen für polymere NanoComposites bzw. Optimierung spezieller Eigenschaften bzw. Eigenschaftsprofile von NanoComposites.

### Programmmfeld

Österreich hat in den vergangenen Jahren große Anstrengungen zur Bündelung von Kompetenzen und dem Aufbau kritischer Massen unternommen. Dazu wurden mehrere Programme aufgelegt (siehe Abbildung), die auch in Zukunft Fokussierungsprozesse unterstützen sollten. Für die Nanotechnologie sind neben den etablierten Verbänden der NANO Initiative (NANO) vor allem die COMET-Zentren (K1 und K2) sowie die Spezialforschungsbereiche (SFB) und Nationalen Forschungsnetzwerke (NFN) des FWF anzuführen.

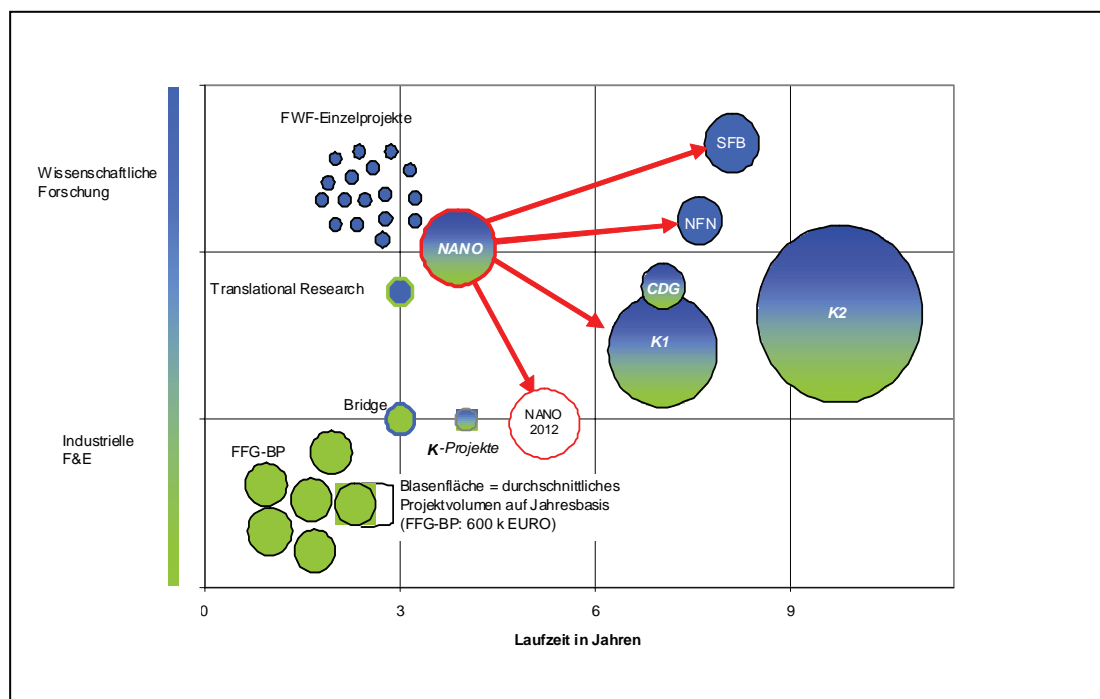


Abbildung 1

Die Grafik zeigt, dass die NANO Initiative als Förderprogramm für F&E-Vorhaben eine relativ kleine Nische besetzt. So haben F&E Projekte der Nanotechnologie in Abhängigkeit von deren Themenfeld (Medizin, Materialwissenschaften, Optische Technologien, NanoComposites etc.) zu Beginn des Projektes neben der industriellen Forschungskomponente oftmals auch eine unterschiedlich stark ausgeprägte Komponente der Grundlagenforschung. Mittelfristig (3-5 Jahre) entwickeln sich die Projekte zu industriellen Forschungsvorhaben.

Die Nanotechnologie gilt allgemein als kapitalintensiver Forschungsbereich. Damit sind die hohen Anforderungen an die Forschungsinfrastruktur angesprochen. Die Erfahrung aus der Umsetzung zeigt, dass der Ausbau der Forschungsinfrastruktur derzeit von mehreren Seiten adressiert wird: zum einen über das BMWF im Rahmen der Infrastrukturförderung für Universitäten, zum anderen über die Bundesländer, die in unterschiedlichem Ausmaß in den letzten Jahren in die Forschungsinfrastruktur investiert haben.



**Förderaktivitäten des Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung (FWF) im Bereich Nanowissenschaften und Nanotechnologien**

Nanowissenschaften und Nanotechnologien umfassen viele Disziplinen. Dabei sind manche Gebiete, wie beispielsweise die Materialwissenschaften, in Österreich schon weiter entwickelt als andere, wie z.B. die Pharmazie. Es gilt daher, unterschiedliche Wissenschaftszweige in verschiedenen Entwicklungsstadien zu unterstützen. Angesichts dessen nimmt der FWF als Bottom-Up Förderagentur eine Schlüsselrolle ein. Insgesamt hat der FWF im Bereich Nanowissenschaften in den Jahren 1999 - 2007 ein Fördervolumen von insgesamt über €50 Millionen aufgebracht.

## Die aktive Rolle österreichischer Nanowissenschaftler/innen

Im Bezug auf die aktive Rolle österreichischer Nanowissenschaftler/innen auf europäischer Ebene wird aus dem Österreichischen Forschungs- und Technologiebericht 2007 (Kapitel 2.4.6) zitiert:

„Österreichische Wissenschaftler/innen im Bereich der Nanowissenschaften und Nanotechnologien sind sehr erfolgreich – das zeigt eine erst jüngst erstellte Studie unter den Mitgliedern des Fachausschusses für Forschung an Neutronen- und Synchrotronstrahlungsquellen (NESY) der österreichischen physikalischen Gesellschaft. Zahlreiche renommierte Projekte konnten in den letzten Jahren durchgeführt werden, wobei nicht zuletzt der Schlüssel zum Erfolg u.a. in der Nutzung von international höchst renommierten Forschungseinrichtungen zu sehen ist. Die Aufwendungen für die jeweilige Mitgliedschaft sind über Jahre hinweg vom Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung getragen worden: So betragen die jeweils jährlichen Kosten für die wissenschaftliche Mitgliedschaft beispielsweise am ESRF (European Synchrotron Radiation Facility in Grenoble/F) €900.000,-, am Institut Laue-Langevin in Grenoble €1.280.000,- bzw. am Elettra (Triest) €280.000,-. Diese Mittel ermöglichen es österreichischen Wissenschaftler/innen, Zugang zu für Top-Ergebnisse relevanter Infrastruktur zu bekommen. In all den Fällen ist Österreich ein – wenn auch kleiner – aber sicherlich höchst kompetitiver Player. Wie die im Rahmen des NESY erstellte Studie (2007) illustriert, sind österreichische Wissenschaftler/innen regelmäßig mit wichtigen wissenschaftlichen Resultaten in High Impact Journals vertreten und auch bei der strengen Vorauswahl der Projekte, welche an den genannten Forschungsinstitutionen abgehandelt werden können, sehr erfolgreich. Hierzu ist anzumerken, dass die Nutzung dieser Institutionen über die Einreichung von Projekten im Wettbewerb entschieden wird. Die Ablehnungsquote kann dabei bis zu 75% betragen. Dennoch: Erst unlängst hat sich ein österreichischer Top-Wissenschaftler mit einem erfolgreichen Langzeitproposal für eine eigene Beam-line<sup>53</sup> bei ESRF gegen stärkste internationale Konkurrenz durchsetzen können.“

Auch im Bereich Nanotechnologien und Nanowissenschaften, wissenschaftsbasierte multifunktionale Werkstoffe und neue Produktionsverfahren und -anlagen des 6. EU Forschungsrahmenprogramms sind österreichische Forscher/innen gut positioniert. Mit Datenstand März 2006 können 344 Projekte dieses Bereichs mit einer Förderung rechnen. An gut jedem fünften (75) dieser erfolgreichen Projekte ist mindestens eine österreichische Partnerorganisation beteiligt, 126 dieser erfolgreichen Beteiligungen kommen aus Österreich, was einem Anteil von 2,6% entspricht.<sup>54</sup> Österreichische Nanowissenschaftler/innen erweisen sich international als durchaus sehr erfolgreich, wenn sie auch in Österreich nicht flächendeckend angesiedelt sind, sondern ihre Forschungstätigkeiten schwerpunktmäßig im Rahmen der Forschungsprofile der Universitäten in Wien, Linz, Graz, Leoben und Innsbruck, der Österreichischen Akademie der Wissenschaft, des Austrian Institutes of Technology (ehemals Austrian Research Centres) und der Joanneum Research verrichten. Sind die Wissenschaftler/innen hierbei vor allem in grundlagenorientierte und infrastrukturintensive Forschungsthemen involviert, so sind sie zum einen auf eine gut ausgestattete Infrastruktur wie auch zum anderen auf gut qualifizierte Nachwuchswissenschaftler/innen angewiesen. Letztere sind nicht zu sehr durch neue spezielle Studienlehrgänge zu gewinnen als vielmehr über eine solide Grundausbildung im Bereich Naturwissenschaften heranzubilden. Aus diesem Grund ist es auch essentiell, diese Grundausbildung in Österreich sicherzustellen und damit einhergehend die Absolventenzahl in diesen Wissenschaftsdisziplinen zu erhöhen. Nicht zuletzt, um die Erfolge in den Nanowissenschaften und Nanotechnologien seitens der Universitäten künftig fortführen zu können. Gleichermaßen ist eine verstärkte Positionierung der Nanowissenschaften und Nanotechnologien an den österreichischen Fachhochschulen

---

<sup>53</sup> Strahlungsapparatur

<sup>54</sup> PROVISO Bericht, Heinrich 2006

anzustreben, um mittelfristig gerade auch für den Arbeitsmarkt dementsprechende Humanressourcen bereitstellen zu können.<sup>55</sup>

## Österreichische Beispiele für Infrastrukturen und Forschungseinrichtungen

### Austrian Institute of Technology AIT<sup>56</sup>

Im AIT sind die bisherigen Aktivitäten im Bereich Nanotechnologie in der Abteilung „Health & Environment“ gebündelt. Gesellschafter sind die Republik Österreich, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie sowie der Verein zur Förderung von Forschung und Innovation (Industriellenvereinigung Österreich). Im Bereich der Nanotechnologie beschäftigen sich im Geschäftsbereich Advanced Materials & Aerospace Technologies verschiedene Forschungsgruppen mit der Entwicklung von oberflächenfunktionalisierten anorganischen Nanomaterialien, Beschichtungen und Nanopartikel/Nanofaser verstärkten Kompositen. Aufbauend auf dem jahrelangen Know-how der Mitarbeiter kommen dabei nasschemische Verfahren für die Herstellung von nanopartikulären Dispersionen bis hin zum Technikumsmaßstab zum Einsatz. Die Umsetzung und Verwertung der innovativen Lösungen erfolgt in verschiedensten Anwendungsbereichen, z.B. selbstreinigende Oberflächen, Sicherheitsmarker, oder Nanokomposite für Automotive und Luftfahrt, gemeinsam mit Partnern aus Wissenschaft und Industrie.

Innerhalb des AIT generierte der Bereich Nano-Systemtechnologien innovative Produktideen und realisiert Prototypen, die die Nanowissenschaften und Nanotechnologien als Mehrwert gezielt nutzen. Vision ist es, gemeinsam mit Partnern aus der Wirtschaft (KMU und Großunternehmen) und anderen AIT-Bereichen die Nanotechnologie in Nanosensoren und NanoChips für Diagnosezwecke umzusetzen und zu verwerten. Die avisierten Produktpaletten adressieren attraktive nationale und internationale Märkte. Nano-Systemtechnologien verstehen sich hierin als Impulsgeber für die österreichische Industrie und Wirtschaft.

### Joanneum Research

Im Joanneum Research beschäftigen sich Wissenschaftler/innen an drei Instituten mit verschiedenen Aspekten der Nanotechnologien: 1) Am Institut für Medizinische Systemtechnik und Gesundheitsmanagement wird im Bereich der Nanomedizin und Nanotoxikologie gearbeitet, wobei neuartige Analysekonzepte erarbeitet werden. Weiters wird gemeinsam mit den nachfolgend beschriebenen Instituten an der Entwicklung neuer in vivo und in vitro Diagnostik gearbeitet. 2) Das Institut für Nanostrukturierte Materialien und Photonik liefert mit dem Design neuartiger optischer, optoelektronischer und photonischer Bauelemente und Systeme die Grundlagen für die ständig wachsende Palette technischer Anwendungen für nanostrukturierte Materialien. Der Schwerpunkt der Arbeiten liegt dabei auf organischen Materialien und organisch-anorganischen Systemen. 3) Am Institut für Chemische Prozesskontrolle wird an Fluoreszenzsystemen zur online-Prozesskontrolle gearbeitet.

Die Ziele gehen dabei weit über die reine Forschungs- und Entwicklungsarbeit hinaus und reichen von der Materialcharakterisierung über die Herstellung von Labormustern und die Entwicklung von Fertigungsprozessen bis hin zur Integration in bestehende Produktionsanlagen. Durch enge Kooperation mit der Industrie und der heimischen Unternehmen werden diese aktiv bei der Einführung der Technologie des neuen Jahrtausends unterstützt.

### Technische Universität Wien

Die Nanoaktivitäten der TU Wien sind integrativer Bestandteil ihres aktuellen Forschungsportfolios und spannen einen Bogen von der Grundlagenforschung über die Materialbeherrschung bis zu realen Bauelementen. Der Schwerpunkt wird von Chemie, Elektrotechnik und Physik getragen und durch fakultätsübergreifende Kooperationszentren vernetzt. National

<sup>55</sup> „Aus- und Weiterbildung in Nanowissenschaften und Nanotechnologien. Eine Bestands- und Bedarfserhebung in Österreich“, Humpl et al. 2006

<sup>56</sup> Bisher: ARC Austrian Research Center

zeigt sich diese Vernetzung in der Grundlagenforschung in den Sonderforschungsbereichen ADLIS & IRON, in der angewandten Forschung in sechs Clustern der österreichischen NANO-Initiative, international in einer Vielzahl von EU-Projekten im Bereich Nanowissenschaften und Nanotechnologien. Neben proaktiven Berufungen in den Schwerpunktsfeldern Computational Science and Engineering, Quantum Physics and Technologies & Materials and Matter hat die TU Wien gezielt Infrastruktur auf- und ausgebaut. Für N&N relevant ist hier das Zentrum für Mikro- & Nanostrukturen. Thematisch bearbeitet die TU Wien in top down Verfahren hergestellte elektronische und photonische Bauelemente. Neben nanostrukturierten bzw. Nanostrukturen funktionalisierenden Bauelementen werden funktionale Oberflächen, Grenzflächen und Nanopartikel hergestellt (bottom up) und analysiert, beispielsweise Schichtstrukturen, Quantendrähte und Quantenpunkte. Neuartige Eigenschaften werden experimentell vorwiegend in den Bereichen Elektronik, Photonik, Katalytik, Magnetismus und Sensorik verwendet. Theoretische Untersuchungen beschreiben neue Herstellungsprozesse und einstellbare Materialeigenschaften. Nanostrukturierte Materialien und Bauelemente ermöglichen die Anwendung von nichtlinearen optischen und Quanteneffekten in Festkörpern, aber auch chemoselektives Wahrnehmen, Metrologie, Informationsspeichern und prozessieren, sowie Materialien für umwelttechnische und medizinische Anwendungen.

#### **Karl-Franzens Universität Graz**

Die Nanotechnologie als ein strategischer Schwerpunkt der Karl-Franzens Universität ist an den Instituten für Physik, Chemie und Pharmazeutische Wissenschaften verankert. Basierend auf moderner Infrastruktur zur Nanofabrikation und -analytik wird im Rahmen nationaler und internationaler Projekte an einem breiten Spektrum nanotechnologischer Fragestellungen geforscht.

#### **Technische Universität Graz**

Die Technische Universität Graz hat sich unter anderem auf organische, molekulare und nanostrukturierte Materialien spezialisiert, wobei dabei oft das Verhalten der Oberflächen dieser Materialien von besonderem Interesse ist. Forschung stellt das Grundgerüst für wichtige Fortschritte in der Technologie, wie zum Beispiel energieeffiziente Beleuchtung, Solarzellen, elektronische Bücher, umweltanalytische und medizinische Sensoren zur Verfügung. Ein weiterer Schwerpunkt liegt bei der Entwicklung von nano-optischen Lichtquellen und angewandter Kristallographie an Dünnschichten organischer Materialien.

#### **Universität für Bodenkultur (BOKU) Wien**

Entsprechend dem Paradigmenwechsel, in dem die klassischen singulären Wissenschaften durch den kombinierten Einsatz und das Zusammenwachsen von Nano-, Bio-, Informations- und Kognitionswissenschaften ersetzt werden, sind die Converging Technologies integraler Bestandteil des BOKU-Entwicklungsplans 2009. Dies spiegelt sich in der Etablierung des Kompetenzfeldes „Nanowissenschaften und -technologien“ wider. Die wesentlichen Ziele dabei sind die Entwicklung komplexer molekularer Baukastensysteme für nanobiotechnologische Anwendungen im Life- und Non-Life Science Bereich, die Erforschung der Funktionsprinzipien naturinspirierter, nanostrukturierter Verbund-Materialien sowie die Erforschung der Auswirkungen von Produkten der Nanotechnologie auf Gesundheit und Umwelt. Mit dem Department für NanoBiotechnologie (vormals Zentrum für Ultrastrukturforschung), das als Nukleationskeim für diese Entwicklung wirkt, hat die BOKU eine rund 25-jährige Tradition auf dem Gebiet der Nanobiotechnologie im Bereich der Forschung und der Lehre.

Ein wesentlicher Impuls für die Entwicklung des Kompetenzfeldes Nanowissenschaften und -technologien wird durch die Berufung von bereits ausgeschriebenen Professuren für „Nanobiotechnologie“, „Nanobiotechnologie unter besonderer Berücksichtigung supramolekularer Strukturen“ sowie „Biophysik unter besonderer Berücksichtigung der Nanowissenschaften“ erfolgen. Darüber hinaus ist der neue wissenschaftliche Geschäftsführer des Austrian Institute of Technology, Prof. Wolfgang Knoll, als Honorarprofessor an der BOKU

in die Entwicklung der Nanowissenschaften und –technologien im Rahmen des Departments für NanoBiotechnologie eingebunden.

Die Forschungsarbeiten am Department für NanoBiotechnologie befassen sich mit Fragestellungen der molekularen Nanobiotechnologie und der synthetischen Biologie, wobei zweidimensionalen Proteinkristallen, sogenannten S-(Surface)Schichten, zentrale Bedeutung zukommt. Auf der Basis von S-Schichtproteinen wird ein molekulares Baukastensystem entwickelt, das aus S-Schicht-Fusionsproteinen, S-Schicht-Neoglykoproteinen, zellwand-assoziierten Heteropolysacchariden, Lipiden und Nukleinsäuren besteht und zu neuen Anwendungen in den Life und Non-life Sciences führt. Das Anwendungsspektrum ist sehr breit: es reicht von der Herstellung von Ultrafiltrationsmembranen mit scharfem Trennverhalten über neuartige Impfstoffe, immunmodulierende Komponenten für die Allergiebehandlung bis hin zu biomimetischen Virushüllen für spezifische Einkapselungsverfahren und chemotherapeutische Behandlungen. Als exakte molekulare Steckbretter führen S-Schichten zu neuen Strategien für die Entwicklung von Sensoren, diagnostischen Systemen und Affinitätsstrukturen. S-Schicht-stabilisierte Lipidmembranen zeigen neue Wege in der Sensor-Technologie und bei Hochdurchsatz-Screening-Systemen auf. Im Bereich der Non-Life-Sciences kommen S-Schichtgitter für den Aufbau molekular elektronischer und optischer Bauteile zum Einsatz. Die bearbeiteten Projekte reflektieren ein ausgewogenes Verhältnis zwischen Grundlagenforschung und zielorientierten Entwicklungsarbeiten bis zur Optimierung von Technologien. Viele der Projekte werden in nationaler und internationaler Zusammenarbeit mit anderen Forschungsgruppen durchgeführt.

Mit der AIT wird am Standort Muthgasse III eine fachübergreifende strategische Partnerschaft auf den Gebieten der Nano(bio)wissenschaften und der Nanotechnologie angestrebt.

#### **Johannes Kepler Universität Linz**

Der Exzellenzschwerpunkt „NanoScience/Technology“ an der Johannes Kepler Universität deckt alle wesentlichen Kompetenzfelder der Nanowissenschaften und -technologien ab und bietet mit dem gleichnamigen Masterkurs ab dem Wintersemester 2009 ein umfangreiches interdisziplinäres Ausbildungsprogramm für die künftigen akademischen Fachkräfte auf diesem Gebiet. Die Schwerpunkte der wissenschaftlichen und technischen Arbeiten liegen bei (i) der Herstellung und Charakterisierung von Materialsystemen und funktionellen Strukturen mit kritischen Dimensionen im Nanometerbereich, (ii) der Erforschung und Optimierung der neuartigen physikalischen, chemischen und biologischen Eigenschaften von Nanostrukturen und auf ihnen basierender Bauelemente, (iii) der Entwicklung experimenteller Methoden und Verfahren zur Herstellung, Analytik und Manipulation nanoskaliger Systeme sowie (iv) der Entwicklung theoretischer Modelle zur quantitativen Beschreibung. Diese Aktivitäten sind in hohem Maße interdisziplinär, mit Beteiligung aller Physik Institute und zahlreicher Institute aus den Bereichen Chemie und Mechatronik. Von besonderer Bedeutung sind die umfangreichen Infrastruktureinrichtungen, die in den letzten Jahren gezielt ausgebaut und aktualisiert wurden. Dazu zählen z.B. der Reinraum im Bereich der Halbleiterphysik mit seinen zahlreichen Einrichtungen zur Nanostrukturierung sowie das neu geschaffene Zentrum für Oberflächen und Nanoanalytik (ZONA), das derzeit mit beträchtlichem Mittelaufwand zu einer zentralen Einrichtung der Nanoanalytik ausgebaut wird. Durch umfangreiche Einbindung in Projektcluster der Österreichischen Nanoinitiative, des FWF, der Christian-Doppler-Gesellschaft und der EU ergibt sich eine fruchtbare Zusammenarbeit mit österreichischen und internationalen Firmen und Forschungseinrichtungen auf dem Gebiet der Nanotechnologien. Beispielsweise koordiniert die Johannes Kepler Universität einen Projektcluster der Nanoinitiative (NSI) und ist an zwei weiteren beteiligt (PLATON, NILAustria). Zu nennen wären auch der internationale Sonderforschungsbereich "IRoN" sowie die Koordinierung (ICFOF) bzw. Beteiligung (NSoS) an zwei Nationalen Forschungsnetzwerken. Darüber hinaus sind derzeit vier CD-Laboratorien mit Themen aus den Bereichen NanoScience/Technologie eingerichtet.



### **Universität Innsbruck**

In den letzten Jahren wurden an der Universität Innsbruck verstärkt Aktivitäten im Bereich der Nanowissenschaften unterstützt. An der „Westösterreichischen Initiative für Nano-Networking“ waren sechs Institute der Uni Innsbruck sowie drei Departments bzw. Divisions der Medizinischen Universität Innsbruck mit Netzwerkpartnern aus der Privatwirtschaft beteiligt. Ein wichtiger, bereits seit zwei Jahrzehnten bestehender Forschungsbereich betrifft die Erzeugung, Charakterisierung und Anwendung von freien Clustern/Nanopartikeln am Institut für Ionenphysik und Angewandte Physik. Ein weiterer thematischer Schwerpunkt im angewandten Nanobereich ist die physikalisch-chemische Charakterisierung und Funktionalisierung von nanokristallinen Diamantschichten für Anwendungen im Sensorik-, Elektronik und Biotechnologie-Bereich (Nano-Diamond Network). Ein weiteres Themenfeld stellt die Entwicklung nanostrukturierter Materialien für den Transport und die gezielte Freisetzung pharmakologischer Wirkstoffe dar (Nano-Health). Auch die chemische Modifikation von Oberflächenstrukturen<sup>57</sup> zur Anwendung im Bereich Metabolomics und Proteomics wird erforscht. Kürzlich hinzugekommen ist eine Arbeitsgruppe, die sich mit einer neuartigen Methode der Holzbehandlung beschäftigt. Diese Methode beruht darauf, dass sich während spezieller Verfahrensschritte Nanopartikel im Holz bilden, die zu nanoverstärkten Monolithen führen. Weitere Expertisen bestehen auf den Gebieten der Dünnschichttechnologie, der Herstellung und Charakterisierung von Hartstoffbeschichtungen und der Oberflächenbearbeitung mit Ionenstrahlen (Glätten, Lithographie).

### **Montanuniversität Leoben**

Die Montanuniversität forscht vorwiegend im Bereich der Materialwissenschaften und lokaler Analyse der Deformation und des Bruchs im Nanobereich. Im speziellen beschäftigt sich das Erich-Schmid-Institut (ESI)<sup>58</sup> für Materialwissenschaften in Leoben mit der Erforschung komplexer Materialien von der Makro- bis zur Nanodimension. Ziel der wissenschaftlichen Arbeiten ist es, ein grundlegendes Verständnis der Werkstoffeigenschaften in Abhängigkeit der Struktur und des Aufbaus von Materialien zu erhalten. Hierzu werden Elektronen- und Ionenmikroskopie, Röntgen- und Synchrotronverfahren eingesetzt sowie in-situ Experimente entwickelt, um neue Einblicke in die Entstehung und Wechselwirkung von Materialdefekten zu erhalten. Aus den experimentellen Ergebnissen werden Materialgesetze zur Beschreibung der Materialeigenschaften abgeleitet. Das ESI ist international vor allem in den Bereichen Synthese neuer nanokristalliner Materialien durch Hochverformung, in der Analyse von Verformungs- und Brucheigenschaften in Massivwerkstoffen sowie in der Erforschung mechanischer Größeneffekte, z.B. in miniaturisierten Materialien, erfolgreich tätig. Das Institut ist in Personalunion mit dem Department Materialphysik der Montanuniversität Leoben verbunden und beherbergt ein Christian-Doppler-Labor für lokale Analyse von Verformung und Bruch.

### **Danube University of Krems**

Die Donauuniversität Krems betreibt Forschung an spezifischen Adsorptionstechniken in der Medizin mit Hilfe der Nanotechnologie.

### **Institut für Biophysik und Nanosystemforschung<sup>59</sup>**

Der Fokus des IBN liegt auf den Nano-Biowissenschaften. Der methodische Kern liegt in der Röntgen-Nanoanalytik mit besonderen Kompetenzen in der Synchrotronstrahlung. Unter anderem findet auch die Entwicklung liposomaler Nanocarrier sowie multifunktionaler Nanoteilchen für die medizinische Bildgebung statt, die zielorientiert eine Frühdiagnose von Krankheiten ermöglichen.

---

<sup>57</sup> „Nanocrystallin diamond“ bzw. „Ultrananocrystalline diamond“

<sup>58</sup> Teil der Österreichischen Akademie der Wissenschaften

<sup>59</sup> Teil der Österreichischen Akademie der Wissenschaften



**Universität Wien**

Die Universität Wien befasst sich im Bereich der Nanotechnologie mit den Schwerpunkten Materialwissenschaften, Grenzflächen, molekulare Erkennung, funktionelle Nanopartikel, pharmazeutische Anwendungen sowie den Umweltrisiken der Nanotechnologie. Im Bereich der Umweltrisiken der Nanotechnologie liegt der Schwerpunkt des Departments Umweltgeowissenschaften Wien auf dem Bereich der aquatischen Systeme unter Einbeziehung der Biologie sowie auf Auswirkungen auf Ökosysteme, insbesondere auf der Charakterisierung von Nanopartikeln in der Umwelt.

Materials Science Centre of Nanotechnologies

Die Fakultät für Chemie hat das Materials Science Centre of Nanotechnologies<sup>60</sup> aufgebaut, das sich besonders mit multifunktionalen Nanopartikel für klinische Therapien, Sensorik mit molekularer Erkennung sowie mit Rastermethoden im Nahfeld mit ultrakurzen Phänomenen beschäftigt. Schwerpunkte sind unter anderem Bereiche wie Nanotechnologie der Grenzflächen; multifunktionale Nanopartikel für klinische Therapien; Sensorik mit molekularer Erkennung; Rastermethoden im Nahfeld ultrakurzer Laserpulse; neue Quantenphänomäne der Materie; Quantum dots und Quantendrähte; komputative Biologische Chemie.

Erwin Schrödinger Gesellschaft (ESG) für Nanowissenschaften am Institut für Physikalische Chemie der Universität Wien<sup>61</sup>

Mit den unten angeführten Erwin-Schrödinger-Instituten fördert die ESG international anerkannte Leistungsträger/innen in aktuellen Forschungsfeldern. Nanowissenschaften und Nanotechnologien sollen durch ein besseres Verständnis von Strukturen im Nanometerbereich sowohl die Entwicklung von neuen nanostrukturierten Werkstoffen und Materialien, wie auch von Systemen in der Bio- und Informationstechnologie ermöglichen. Zur Erschließung dieser neuen Technologien im atomaren und molekularen Bereich gehört auch die Entwicklung neuer Instrumente und Verfahren.

ESG Institut für Nanostrukturforschung Graz

Die Aufgabe dieses ESG besteht darin, Erkenntnisse der wissenschaftlichen Grundlagenforschung des Institutes für Physik der Karl-Franzens-Universität Graz im Bereich Optik und Lasertechnik für technologische Anwendungen aufzubereiten. Im Rahmen zahlreicher Forschungsprojekte wurden in den vergangenen Jahren Themen aus Mikro- und Nanooptik intensiv behandelt. Daraus resultiert sowohl ein umfangreiches Spezialwissen um die theoretischen physikalischen Zusammenhänge im Bereich Mikro- und Nanooptik, als auch ein großes technologisches und messtechnisches Know-How im Bereich Nanostrukturforschung und Nanoanalytik. Derzeit werden vor allem anwendungsorientierte Forschungsprojekte mit steirischen außeruniversitären Forschungseinheiten (Joanneum Research Forschungsgesellschaft mbH) und Industrieunternehmen (AT&S Austria Technologie & Systemtechnik Aktiengesellschaft) durchgeführt.

ESG Institut für Lithographieforschung (ILF)

Das ILF entwickelte und baute für das ESA58-Weltraumprojekt Rosetta die „Micro-Dust-Collecting“-Einheit. Extraterrestrische Nano-Staubteilchen können damit eingefangen und anschließend vor Ort physikalisch und chemisch analysiert werden. Die Weltraumsonde durchquert zurzeit das Sonnensystem auf dem Weg zum Kometen Churyumov-Gerasimenko. Das Rendezvous soll im Jahre 2014 stattfinden. Dem ILF gelang es, Positionierungssensoren mit einer Genauigkeit unter 50 Nanometer zu realisieren, beispielsweise für medizinische Anwendungen zur Erkennung von Magnetfeldänderungen im pico-Tesla Bereich. In Vorarlberg konnte das ILF eine Technologie entwickeln, die es erlaubt, mit einem modifizierten Standard Mask-Aligner zu niedrigen Kosten Gitter mit 150 nm „line/space“ Auflösung über große Flächen herzustellen. Auf dem Gebiet der selektiven Laser-Ablation

<sup>60</sup> <http://pchem.univie.ac.at/index.php?id=59765&L=0>

<sup>61</sup> <http://www.esg-nano.ac.at>

(„Ätzen mit hochenergetischen Photonen“) konnte im Zuge einer Kooperation mit der Firma High Q Laser Production GmbH ein Prozessschritt für die Microelectromechanical-Systems-Produktion mit ultrakurzen Laserpulsen (mit 350 fs Pulsdauer) entwickelt werden. Aktuell laufen Simulation und Optimierung eines hochauflösenden, maskenlosen Elektronenstrahl-Lithographie-Prozesses, der mit parallelisierten Elektronenstrahlen arbeitet; z.B. „RIMANA“ (FP6), „MAGIC“ (FP7), „MALS“ (Mask Aligner Lithography Simulation, zusammen mit GenSys GmbH München, Fraunhofer IISB Erlangen und SUSS Microtech, München), österreichisches Cluster-Projekt „NILaustria“ (Nanoimprintlithographie).

#### ESG Institut für Molekulare Nanobiotechnologie Wien

Dieses ESG befasst sich schwerpunktmäßig mit der Erforschung und Anwendung von S-Schichtproteinen als Basiselemente für die Herstellung komplexer Strukturen und Baugruppen, bei denen die Größe der entscheidenden Merkmale unter 10 Nanometer liegt. Es werden native und genetisch funktionalisierte S-Schichtproteine als Matrizen verwendet, um Nanopartikel mit speziellen elektronischen, optischen oder katalytischen Eigenschaften zu binden. Die Rekristallisation der S-Schicht-Proteine auf technologisch wichtigen Trägermaterialien - wie z.B. auf Silizium, Metallen oder Kunststoffen - wird mit Hilfe der Rasterkraftmikroskopie erforscht. Dadurch entstehen neue Technologien und Materialien. Außerdem werden rekristallisierte S-Schichtproteine zur Stabilisierung von funktionalisierten Lipidmembranen verwendet. Dieser Ansatz zählt zu den innovativsten und vielversprechendsten Strategien in der Membranprotein-basierenden Nano-Biotechnologie. Die Anwendungen reichen vom Nachweis von Schadstoffen über die pharmazeutische Wirkstoffselektion bis zur DNS-Sequenzierung.

#### **Nanotec Center Weiz GmbH**

Das NTC bildet einen wesentlichen Schwerpunkt sowohl der steirischen als auch der österreichischen Aktivitäten im Forschungs- und Technologiebereich "Nanostrukturierte Materialien, Prozess und Bauelemententwicklung im Bereich Optoelektronik, Sensorik und Nanoanalytik". Dazu wird in einer Pilot- und Demonstrationsanlage die erforderliche Infrastruktur zur Herstellung von Funktionsmustern/Prototypen optoelektronischer Bauteile bzw. integrierter Sensoren etabliert.

#### **Profactor GmbH**

In der Nanotechnologie konzentriert sich Profactor auf die Herstellung von funktionellen Oberflächen und Nanostrukturen. Dazu werden zwei Entwicklungsfelder vorangetrieben: Die Sol-Gel-Technologie dient der chemischen Funktionalisierung von Oberflächen, der Herstellung von maßgeschneiderten Eigenschaften, sowie der Herstellung von Nanopartikeln, die auch in einer Vielzahl von innovativen Anwendungen verwendet werden. Mittels Nanoimprint-Lithographie (NIL), das 2. Standbein der Nanoaktivitäten bei Profactor, steht ein kostengünstiges Verfahren zur höchstauflösenden und großflächigen Vervielfältigung von Nanostrukturen zur Verfügung. Dieses findet vielfach Anwendung: von der Nanooptik bis zur Biochemie und Bionik. Mit der Kombination von Struktur (NIL) und Chemie (Sol-Gel) werden neue Möglichkeiten für einzigartige Eigenschaften zukünftiger Advanced Materials geschaffen. Profactor setzt diese Technologien gemeinsam mit KMUs und der Industrie in neuen, innovativen Produkten und Technologien um.

#### **MS Nanofabrication AG**

Die IMS Nanofabrication AG konnte ein weltweites Alleinstellungsmerkmal auf dem Gebiet der Projektions-Maskenlosen Nanolithographie (mit Elektronen und Ionen Multi-Strahlen) und direktem Nanopatterning (mit Ionen Multi-Strahlen) erarbeiten. An der industriellen Umsetzung wird intensiv gearbeitet. Die IMS Nanofabrication AG beschäftigt 42 Mitarbeiter/innen und war Koordinator der erfolgreich durchgeführten FP6 Projekte RIMANA (Radical Innovation MAless NANolithography) und CHARPAN (CHARged PArticle Nanotech). Weiters ist sie Partner in den FP7 Projekten MAGIC (MAskless lithoGraphy for IC manufacturing), BISNES (Bio-

Inspired Self-assembled Nano-Enabled Surfaces) und EUMINAFab (European Micro- and Nano-fabrication) sowie dem FFG Austrian Nano-Initiative Verbundprojekt NILustria.

### **Beispiele für Kompetenzzentren**

Das Programm COMET des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT) und des Bundesministeriums für Wirtschaft, Familie und Jugend (BWFJ) fördert den Aufbau von Kompetenzzentren, deren Herzstück ein von Wirtschaft und Wissenschaft gemeinsam definiertes Forschungsprogramm auf hohem Niveau ist. Das Programm umfasst drei Aktionslinien: K1-Zentren, K2-Zentren bzw. K-Projekte, die sich primär durch die Ansprüche an die geförderten Einrichtungen hinsichtlich Internationalität, Projektvolumen und Laufzeit unterscheiden. Im Bereich Nanotechnologie (im engeren Sinn) sind derzeit vier Kompetenzzentren aktiv:

#### Kompetenzzentrum für elektrochemische Oberflächentechnologie

Dieses Kompetenzzentrum beschäftigt sich beispielsweise mit der elektrochemischen Strukturierung von Oberflächen im Nanometer-Bereich. Mittels hochgenauer Analysemethoden können nanometer-dimensionale Oberflächenstrukturen charakterisiert werden. Mittels spezieller Verfahren werden Schichten auf Oberflächen aufgebracht, welche nur wenige Nanometer Dicke aufweisen.

#### Kompetenzzentrum für Tribologie

Zur Erzielung neuer Erkenntnisse bezüglich Reibung, Schmierstoffanwendung bzw. Verschleiß von tribologisch beanspruchten Oberflächen ist ein interdisziplinäres multi-Skalen-Wissen, von Makro bis auf die Molekülebene, erforderlich. Auf der Nano-Ebene (sowie auch darüber und darunter) werden Oberflächen, Werkstoffe und Schmierstoff definiert gestaltet (z. B. mit Nanopartikeln, Oberflächennanostrukturierung, Design der chemischen Struktur von Schmierstoffen). Modernste analytische Methoden (z.B. Röntgenspektrometrie, Massenspektrometrie, Nanoindentation) werden in einer Reinraumumgebung eingesetzt, um die Nanostruktur und deren chemisch/physikalischen Wechselwirkungen der wechselwirkenden Oberflächen zu erforschen. Bildgebende Charakterisierungsmethoden auf der Nano-Ebene (z.B. AFM, Nano-Scratchtester) werden zur Bestimmung der nanoskopischen Topografie und des Reibungs-/Verschleißverhaltens eingesetzt. Eine weltweit einmalige hochauflösende Verschleißmessmethode (nVCT®) ermöglicht die Bestimmung von Verschleißraten von Nanometer/Stunde. Die Modellierung von tribologischen Kontakten auf Molekülebene erlaubt die rasche Simulation der tribologischen Wirkung unterschiedlich gestalteter Oberflächen, Schmierstoffen und Schmierstoffadditiven. Die im privatwirtschaftlich organisierten außeruniversitären Kompetenzzentrum, in enger Zusammenarbeit mit der Industrie, betriebene vorwettbewerbliche und anwendungsnahe Forschung, weist – in Kombination mit der interdisziplinären Herangehensweise auf hohem wissenschaftlichen Niveau – dem Kompetenzzentrum eine Sonderstellung in der europäischen Forschungscommunity des Fachgebiets Tribologie zu.

#### Polymerkompetenzzentrum Leoben (PCCL)

Das PCCL ist Ansprechpartner in Österreich im Bereich der vorwettbewerblichen, wirtschaftsnahen Forschung auf dem Gebiet der Kunststofftechnik und Polymerwissenschaften. Auf den folgenden drei Gebieten und Schwerpunkten betreibt das PCCL vorwettbewerbliche Forschung und Entwicklung: Eigenschaftsoptimierte Kunststoffe für Strukturanwendungen, Polymere Funktionswerkstoffe und Werkstoffoberflächen sowie Entwicklung und Auslegung von Bauteilen und Werkzeugen.

#### Kompetenzzentrum Materials, Processing and Product Engineering

Dieses Kompetenzzentrum hat zum Ziel, neue Materialien in innovative Produkte zu integrieren. Es widmet sich dem Weg von Atomen über Prozesstechnik hin zu multifunktionellen Produkten. Im Fokus stehen Metalle, Keramiken und ihre Verbunde. Dabei sollen neue Materialien identifiziert und in neue Produkte, Design- und Fertigungsmethoden integriert

werden. Präzisionsprozesse, Werkzeugtechnologie, ermüdungsfreie Leichtbauweise und die Verbesserung der Beständigkeit von Materialien sind Themen, die in der Werkstoffherstellung, Werkstoffverarbeitung und Werkstoffanwendung (und damit in fast allen Bereichen des produzierenden Sektors) von höchster Relevanz sind und die eigentliche internationale Konkurrenzfähigkeit der Unternehmen garantieren.

### **Christian-Doppler-Gesellschaft (CDG), Labors**

#### Christian-Doppler-Pilotlabor für Nanokomposit-Solarzellen

Dieses CDG-Labor beschäftigt sich mit der Herstellung von Nanokompositmaterialien mit kontrollierter Morphologie für photovoltaische Anwendungen. Die Grundlagenforschung des Labors befasst sich mit den Bildungsprozessen und der genauen Untersuchung der Morphologien von Nanokomposit-Schichten, die aus einer Mischung einer anorganischen Halbleiterphase und einer organischen Halbleiterphase bestehen. Es werden Strategien und Materialien entwickelt, die zu Nanokompositen mit hohem photovoltaischen Wirkungsgrad führen sollen. Das Forschungsprojekt wird dabei Aspekte der Materialchemie, der Charakterisierung der Morphologie, der kinetischen Abläufe sowie der optischen und elektronischen Eigenschaften behandeln, die zu einem besseren Verständnis dieser Materialklasse führen wird.

#### Christian Doppler Labor für Nanoskopische Methoden in der Biophysik

In diesem Projekt soll ein neues Rasterkraftmikroskop entwickelt werden, welches erlaubt, die Topographie, biochemische Erkennung, Materialkontrast und Fluoreszenzinformationen gleichzeitig zu messen.

### **Bionanonet Forschungsgesellschaft mbH**

Die BioNanoNet Forschungsgesellschaft mbH hat die Joanneum Research Forschungsgesellschaft, die Medizinische Universität Graz, die piCHEM Forschungs- und Entwicklungsgesellschaft sowie die Steiermärkische Medizinarchivgesellschaft als Gesellschafter. Dieses österreichische Netzwerk vereinigt eine Vielzahl von Expertisen in verschiedenen Themenbereichen der Pharmazeutischen Forschung, der Nanomedizin sowie der Nanotoxikologie in einer gemeinnützigen Netzwerkplattform. Die BioNanoNet Forschungsgesellschaft mbH wird durch Verwendung von Fördermittel des Landes Steiermark unterstützt. Die BioNanoNet verfolgt das klare Ziel, innovative Forschung durch Förderung der Kooperation und Schaffung von Synergien voranzutreiben, nationale und internationale Forschungsprojekte auf dem Gebiet der medizinischen und pharmazeutischen Forschung, der Nanomedizin und Nanotoxikologie zu initiieren, fachlich während der Antragsausarbeitung zu begleiten und Projekte zu koordinieren, beispielsweise wird das Verbundprojekt Nano-Health im Auftrag der Joanneum Research mitkoordiniert. Weiters war die BioNanoNet Themenpartner des Risiko:Dialog Nanotechnologie.

### **Darstellung der Industrie im Bereich Nanotechnologie**

Nanotechnologie wird heute bereits in einem großen Umfang erfolgreich sowohl in etablierten als auch neuen Technologiefeldern eingesetzt. Eine „Nano-Industrie“ im klassischen Sinn gibt es in Österreich nicht, vielmehr zwei Typen von Unternehmen – zum einen eine Vielzahl von jungen Technologieunternehmen, die sich ausschließlich mit Nanotechnologie befassen und vielfach als Ausgründungen aus Universitäten und Forschungseinrichtungen entstanden sind. Solche Unternehmen existieren in allen Bereichen der Nanotechnologie, bieten aber in der Regel hoch spezialisierte Produkte oder Dienstleistungen an. Die anderen Nano-Akteure/innen sind größere und ältere Unternehmen, vor allem im Bereich Materialien und Elektronik, die die Nanotechnologie in den letzten Jahren in ihr Technologieportfolio aufgenommen haben, wo sie eine strategisch wichtige Rolle spielen. Die Unternehmen finanzieren ihre Geschäfts- und Entwicklungstätigkeiten vorwiegend aus dem Cash-Flow und öffentlichen Zuschüssen. Wagniskapital für Unternehmensgründungen und junge Technologieunternehmen wird kaum genutzt (Siehe dazu auch Kapitel Wirtschaft).

### Beispiele für Forschungsprojekte und Plattformen

Nicht zuletzt vor dem Hintergrund der Erfahrungen im Bereich der landwirtschaftlichen Gentechnik ist eine vorausschauende Nanotech-Politik notwendig, die auf profunden und entsprechend aufbereiteten Analysen aufbaut. Es besteht daher massiver Forschungs- und Kommunikationsbedarf, der bereits 2006 im Rahmen zweier Projekte zum Stand der Begleit- und Risikoforschung bei Nanotechnologie (ITA und Joanneum Research Graz) ausführlich dokumentiert wurde. Diesem Bedarf widmet sich das Projekt „NanoTrust“, das federführend vom Institut für Technikfolgen-Abschätzung an der Österreichischen Akademie der Wissenschaften bearbeitet wird. Kernstück dieses Forschungsprojekts ist es, den Wissensstand über mögliche Gesundheits- und Umweltrisiken der Nanotechnologie kontinuierlich zu erheben, zu analysieren und zusammenzufassen. Damit sollen erstmals in Österreich diese wichtigen Aspekte der Technologieentwicklung in systematischer Weise und über einzelne Projekte im Bereich Forschung und Entwicklung hinausgehend, also auf übergeordneter Ebene untersucht werden. Damit einhergehend werden Forschungslücken ausgewiesen und unterschiedliche Bewertungen erhoben. Dieser so genannte "Risiko-Radar" ist die Basis für ein Clearing House für Fragen über mögliche Gesundheits- und Umweltrisiken. NanoTrust wird als Informations-Drehscheibe und Diskussionskatalysator dienen: Sowohl für die allgemeine Öffentlichkeit und die Verwaltung als auch für die Nano-Forschungscommunity wird so eine Art Servicestelle in Fragen der Zusammenfassung und Beurteilung von Sicherheitsaspekten eingerichtet. Das Projekt startete mit November 2007 und wird zunächst auf drei Jahre gefördert mit Option auf Verlängerung nach erfolgter Evaluierung.

#### Aufgaben im Detail

- Österreichweite Anlaufstelle zu Fragen des Umgangs mit möglichen Gesundheits- und Umweltrisiken der Nanotechnologien, insbesondere für Verwaltung und Politik sowie für die Forschungscommunity
- Vernetzung mit den maßgeblichen Akteur/innen in Österreich
- Aufbau einer umfassenden, kommentierten Literaturdatenbank zu möglichen Umwelt- und Gesundheitsrisiken und zum Umgang mit Nanotechnologie
- Verfassen von Dossiers zu aktuellen Themen in der nationalen und internationalen Diskussion
- Aufbau einer Linkliste im Internet, die raschen und strukturierten Zugriff auf wesentliche Akteur/innen und Aktivitäten rund um das Thema Nanotechnologien bietet
- Betreuung eines deutschsprachigen Glossars und einer insbesondere auf Österreich bezogenen Datenbank mit Frequently Asked Questions
- Veranstaltung von regelmäßigen Workshops und Tagungen zu Spezialthemen wie z. B. zum Umgang mit und zur Kommunikation über Nanotechnologie oder zu offenen Fragen der Risikoabschätzung
- Identifikation von wichtigen offenen Fragen der Risikoabschätzung
- Leistung von eigenen Beiträgen zur Nanotechnologie-Begleitforschung

Die BioNanoNet GmbH ist Markeninhaber des European Center for Nanotoxicology<sup>62</sup>, welches sich mit der Entwicklung, Implementierung und Durchführung von standardisierten in-vitro und in-vivo Verfahren zur Untersuchung der Humantoxizität von nanostrukturierten Materialien beschäftigt. Es werden nanostrukturierte Materialien auf potenzielle toxikologische Effekte systematisch untersucht und auch mechanistische Untersuchungen zur Toxizität dieser Materialien durchführt. Auf der Homepage ist ein Katalog der vorhandenen toxikologischen Tests erhältlich.

---

<sup>62</sup> [www.euro-nanotox.at](http://www.euro-nanotox.at)



### **Projekte „NanoDialogue“ und „Small is beautiful?“ des Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung**

Mit der Ausstellung „NanoDialogue“ wurde der interessierten Öffentlichkeit ein Überblick über den Stand der Nanowissenschaften gegeben. Das NanoDialogue-Projekt oder auch "Nanodialogue-Enhancing dialogue on Nanotechnologies and Nanosciences in society at European level", basiert auf einer Doppel-Strategie: Einerseits zielt es darauf ab, der Öffentlichkeit die jüngsten Entwicklungen der Forschung zu vermitteln; andererseits soll versucht werden, Forscher/innen und Bürger/innen in einen Dialog über Wissenschaft zu bringen. Mit diesem integrierten Ansatz der Information und Kommunikation sollen wichtige Fragen im Bezug auf Nanowissenschaften interaktiv und allgemein verständlich, in Form der beschriebenen Ausstellung, angesprochen werden.

„Small is beautiful?“ war eine Vortragsreihe, die gemeinsam mit der Ausstellung „Nanodialogue“ stattfand. Parallel zu dieser Ausstellung wurden Themenbereiche aus den Nanowissenschaften einfach und für jeden verständlich, mit Beispielen aus der eigenen wissenschaftlichen Tätigkeit österreichischer Wissenschaftler/innen präsentiert. Jede/r Vortragende/r übermittelte eine leicht verständliche Zusammenfassung, die dann im Posterformat zur Ausstellung „Nanodialogue“ ergänzt wurden und online abrufbar waren. Sowohl die Ausstellung als auch die Vortragsreihe sollten einen Einblick in die Wissenschaft und Forschung im Nanobereich bieten, um Informationen über dieses breite und komplexe Themengebiet zu erhalten. Die Plattform gab Gelegenheit mit Wissenschaftler/innen und staatlichen Verantwortungsträger/innen gemeinsam neue Erkenntnisse zu diskutieren und zu hinterfragen.

### **Österreich und das 6. Europäische Rahmenprogramm „Nano, Materials and Production“**

Das Programm "Nanowissenschaften, Nanotechnologien, Werkstoffe und neue Produktionstechnologien" (NMP) stellt eine der thematischen Prioritäten des 7. EU-Forschungsrahmenprogramms dar. Gefördert wird die multidisziplinäre angewandte Forschung im Rahmen europäischer Forschungscooperationsprojekte. Die Themen im Einzelnen:

#### **Nanowissenschaften und Nanotechnologien**

- Gewinnung neuen Wissens über grenzflächen- und größenabhängige Phänomene
- Steuerung von Werkstoffeigenschaften im Nanomaßstab für neue Anwendungen
- Integration von Technologien im Nanomaßstab einschließlich Überwachung und Sensorik Selbstorganisierende Eigenschaften
- Nanomotoren, Nanomaschinen und Nanosysteme
- Methoden und Werkzeuge für die Charakterisierung und Handhabung im Nanomaßstab Hochpräzisions- und Nanotechnologien in der Chemie
- Untersuchung und Produktion von Komponenten mit einer Genauigkeit im Nanobereich
- Auswirkungen auf die Sicherheit und Gesundheit des Menschen und die Umwelt
- Metrologie, Überwachung, Nomenklatur und Normen
- Erkundung neuer Ansätze und Konzepte für sektorielle Anwendungen, einschließlich der Integration und Konvergenz neu entstehender Technologien

Im Rahmen der Maßnahmen werden auch die Auswirkungen der Nanotechnologie auf die Gesellschaft und die Bedeutung der Nanowissenschaft und der Nanotechnologie für die Lösung gesellschaftlicher Probleme untersucht.



### **Werkstoffe**

- Gewinnung neuer Erkenntnisse über Hochleistungsflächen und -werkstoffe für neue Produkte und Prozesse sowie für ihre Instandsetzung
- Wissensgestützte Werkstoffe mit verwendungsspezifischen Eigenschaften und vorher-sagbarer Leistung
- Größere Zuverlässigkeit bei Entwurf und Simulation
- Modellrechnungen, höhere Komplexität
- Umweltverträglichkeit
- Einbeziehung von Funktionalitäten auf Nano-, Mikro- und Makroebene in die Chemie-technik und die werkstoffverarbeitende Industrie
- Neue Nanowerkstoffe wie Nano-Verbundwerkstoffe, Biowerkstoffe und Hybridwerkstoffe einschließlich des Entwurfs und der Steuerung ihrer Verarbeitung, ihrer Eigenschaften und ihrer Leistung

### **Neue Produktion**

- Schaffung von Bedingungen und Kapazitäten für eine nachhaltige wissensintensive Produktion, einschließlich des Entwurfs, der Entwicklung und der Validierung neuer Paradigmen als Antwort auf künftige industrielle Anforderungen und zur Förderung der Modernisierung der industriellen Basis Europas
- Entwicklung unspezifischer Produktionskapazitäten für die adaptive, vernetzte und wissensgestützte Produktion
- Entwicklung neuer technischer Konzepte zur Nutzung der technologischen Konvergenz (z.B. Nano-, Mikro-, Bio-, Informations- und kognitive Technologien einschließlich ihrer technischen Anforderungen) für die nächste Generation von neuen oder erneuerten Produkten und Diensten mit hohem Mehrwert und Anpassung an sich ändernde Anforderungen
- Einsatz von Produktionstechnologien mit hohem Durchsatz

### **Integration von Technologien für industrielle Anwendungen**

Integration neuer Erkenntnisse, neuer Nano- und Mikrotechnologien sowie neuer Werkstoffe und Produktionsverfahren in branchenspezifischen und branchenübergreifende Anwendungen wie: Gesundheit, Lebensmittel, Bau, Verkehr, Energie, Information und Kommunikation, Chemie, Umwelt, Textilien, Kleidung und Schuhe, Forstindustrie, Stahl und Maschinenbau.

Der finanzielle Rückfluss nach Österreich betrug im 6. EU-Rahmenprogramm in Summe €39,8 Millionen. Der Anteil für den Themenbereich „Nanotechnologien und Nanowissen-schaften“ betrug ca. 34% (€13,6 Mio). Die Mittel in diesem Bereich gingen zu 67% an die Universitäten bzw. zu 30% an die Industrie. Im Vergleich NMP-Gesamt: 37% Industrie bzw. 39% Universitäten, siehe dazu auch folgende Abbildung (Proviso).

	bewilligte Förderungen <i>Gesamt</i>	bewilligte Förderungen <i>Österreich</i>
<b>Nanotechnologies and Nanoscience</b>	276,1	8,1
<b>Knowledge-based Multifunctional Materials</b>	383,8	9,3
<b>New Production Processes and Devices</b>	357,2	13,6
<b>Integration of Nanotechnologies, new Materials, and new Production Technologies</b>	246,2	7,5
<b>Cross-Priorities Actions and Links to other Research Actions</b>	28,8	1,4
<b>ACC-SSA</b>	0,5	0
<b>NSF</b>	5,0	0
<b>NCP</b>	0,7	0,04
<b>Summe</b>	<b>1.298,5</b>	<b>39,8</b>

## **ANHÄNGE**

## **ANHANG 1**

### **Beteiligte Institutionen**

In diesem Anhang findet sich eine alphabetische Auflistung all jener Institutionen, die an der Erarbeitung dieses Nationalen Aktionsplans Nanotechnologie in einer der Arbeitsgruppen – Gesundheit & Arbeitnehmer/innenschutz, Umwelt, Wirtschaft bzw. Wissenschaft, Forschung & Entwicklung – beteiligt waren:

- Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit (AGES)
- Allgemeine Unfallversicherungsanstalt (AUVA)
- BioNanoNet Forschungsgesellschaft mbH
- Bundesministerium für Arbeit, Soziales und Konsumentenschutz/Zentralarbeitsinspektorat
- Bundesministerium für Gesundheit
- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft
- Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
- Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung
- Department für Umweltgeowissenschaften der Universität Wien
- „die umweltberatung“
- EU-Umweltbüro
- Institut für Technikfolgen-Abschätzung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften (ITA)
- Kammer für Arbeiter und Angestellte
- Montanuniversität Leoben
- Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft (FFG)
- PPM forschung + beratung
- Technische Universität Wien
- Umweltbundesamt
- Verein für Konsumenteninformation (VKI)
- Wiener Umweltschutzanstalt (WUA)
- Wirtschaftskammer Österreich (WKO)

Prozessmanagement: Mag. Ing. Renate Paumann, Mag. Alice Schmatzberger

## ANHANG 2

### Arbeitsgruppe Wirtschaft: Einsatzbereiche Nanotechnologien

Die folgende Auswahl bietet einen umfassenden Überblick über bereits bekannte Anwendungen der Nanotechnologie. Sie umfasst auch einige Nischenbereiche, bei denen in den kommenden fünf Jahren von einer breiteren Verwendung auszugehen ist. Jene Tätigkeitsfelder, die bereits in Österreich etabliert sind, werden genauer, jedoch ohne den Anspruch auf Vollständigkeit beschrieben. Es ist stets darauf zu achten, dass eine Differenzierung zwischen der Produktion, der Anwendung, der Weiterverarbeitung und dem Handel besteht.

#### Feinmechanik/Optik/Analytik

- Geräte zur Ultrapräzisionsbearbeitung
- SXM Nanoanalytik
- Weiße LED
- Röntgenoptik
- Applikationen zur Strukturierung unter 50nm
- Kratzfeste optische Gläser
- Nahfeldoptik für Nanoanalytik
- Organische LED (OLED)
- Optische Mikroskope in Nanoauflösung
- EUV Lithographie Optiken
- Gassensoren (zB Schadstoffanalytik)
- Massensensoren
- DNA-Sensoren

#### Chemie/Materialien

- Funktionale Beschichtungen:
- Die Nanotechnologie besitzt große Bedeutung für die Entwicklung von Farben und Lacken. Beschichtungen mit wesentlich verbesserten oder gänzlich neuen Eigenschaften, so genannten „smart coatings – intelligente Beschichtungen“ werden durch sie möglich. Dabei nutzt die Lackindustrie nicht nur Nanoteilchen, sondern auch neuartige Bindemittel mit Nanostrukturen.
- Die Nanotechnologie bedeutet für die Lackindustrie einen großen Technologiesprung. In den Forschungslabors der Lackindustrie sind hochinteressante Innovationen in der Pipeline. So z.B. lackierte Flächen, die für die Erzeugung von Solarstrom genutzt werden, selbstheilende Beschichtungen könnten kleine Kratzer von selbst beseitigen und die Oberfläche in perfekter Form zurückbilden. Autos könnten auf Knopfdruck ihre Farbe wechseln, um z.B. bei schlechter Sicht, die Sicherheit zu erhöhen.
- Der Weltmarkt für nanotechnologische Produkte beläuft sich derzeit auf mehr als 100 Mrd. Euro und das Volumen wird bis zum Jahr 2015 lt. Expertenschätzungen auf über 1 Billion Euro ansteigen. Die Lack- und Anstrichmittelindustrie wird an diesem Markt einen wesentlichen Anteil haben.
- Es ist zu rechnen, dass in 10 Jahren 30% des Branchenumsatzes der Lackindustrie mit der Nutzung von Nanotechnologien in „intelligenten Beschichtungsstoffen“ gemacht werden.
- Nanopartikel
- Kolloide
- Magnetische Fluide
- Kohlenstoffnanoröhren

- Carbon Black
- Polymerdispersion
- Mikronisierte Wirkstoffe
- Nano-Kieselsäure
- leicht reinigende Beschichtungen
- Nano-Schichtsilikate
- In der Herstellung von Keramikerzeugnissen werden ausschließlich natürliche Nanomaterialien, wie zB. hochaktive Tonerden eingesetzt. In Österreich werden diese Materialien weiterverarbeitet, dadurch ergibt sich eine hohe Abhängigkeit von importierten Rohstoffen. Die allgemeine Abhängigkeit von Nanotechnologie kann in diesem Bereich als hoch gesehen werden. Anwendung findet sie in:
  - Technischer Keramik
  - Feuerfestkeramik
  - Mineralischen Putzen

In Teilbereichen der Fein- bzw. technischen Keramik oder Feuerfestprodukten kann der Umsatz von Produkten, die Nanomaterialien enthalten bis zu 100% ausmachen. Innerhalb eines Unternehmens mit etwa 200 Mitarbeiter/innen sind das etwa 3% des Gesamtumsatzes. Ein mittelfristiger Zuwachs auf 6% ist zu erwarten.

Produkte, die Nanomaterialien enthalten, spielen in diesem Bereich eine existenzielle Rolle auch beim Export. Die Exportrate der betroffenen Unternehmen liegt im Allgemeinen bei 60 bis > 90%. Die Nachfrage nach nanotechnologisch hergestellten Produkten ist auf Grund hervorragender Eigenschaften groß.

Für die verarbeitenden Unternehmen ergeben sich Vorteile durch merkliche Energie- und Materialeinsparungen. Beim Arbeitnehmer/Bei der Arbeitnehmerin ist von keinem erhöhten Risiko auszugehen, da geschlossene Kreisläufe, Absaugung oder Nassverfahren angewendet werden. Bei der Anwendung der Produkte sind die Nanomaterialien durch Aushärtung fest eingeschlossen.

- Dendrimere
- Aerogele
- Nanopigmente
- polymere Nanoverbundstoffe
- organische Halbleiter
- Quantenpunkte
- antibakterielle Beschichtungen
- selbstreinigende Fassadenelemente
- umweltverträgliche Brandschutzmittel
- Wärme- und Schallschutz
- keramische Folien (Wandbeläge)

### **Energie-/Umwelttechnik**

Die Anwendungspotenziale der Nanotechnologie im Umwelt- und Energiesektor sind umfassend. Im Energiebereich sind das insbesondere effizientere Energieerschließung und Energiewandlung, Energietransport durch verlustarme Stromleitung und intelligente Netze, optimierte Energiespeicher und Energiesparpotenziale allgemein. In wirtschaftlicher Hinsicht sind die Potenziale sowohl für Hersteller/innen und Anwender/innen immens. Darüber hinaus birgt eine bessere Nutzung von Energie einerseits Potenzial für weitere Forschung, aber gleichzeitig auch einen unmittelbaren Nutzen in Form von niedrigeren Energiekosten und einer geringeren Umweltbelastung.

In der Umwelttechnik verhält es sich ähnlich, wobei in diesem Bereich die Anwendungsfelder bereits konkreter und breiter sind. Die nachfolgende Tabelle fasst Anwendungsfelder und -potenziale zusammen:



**Anwendungsgebiete sind:**

	<b>Anwendungsbeispiele</b>	<b>Mögliche Einsatzfelder</b>
<b>Wasser / Abwasser</b>	Wasseraufbereitungs- und Abwasserbehandlungsanlagen, Kanaltechnik und Klärtechnik	Filtration, Membrantechnologie (Kolloidmembran), Ab-/Adsorption, Ionenaustauscher, funktionalisierte Oberflächenbeschichtung, Füllkörper, selektive Katalysatoren, Katalyse, sensitiver Schadstoffnachweis
<b>Abfall / Recycling</b>	Recycling, Abfallbehandlung und -entsorgung, Rauchgasreinigung, Deponietechnik	Sensitiver Schadstoffnachweis, Filtration, hitzebeständige Wandverkleidung
<b>Energie / Luftreinhaltung / Klimaschutz</b>	Solarenergie, Windenergie, Biomasse, Brennstoffzellentechnologie	Farbstoffsolarzellen, organische Solarzellen, Brennstoffzellen (mobile Wasserstoffspeicherung, Trennung von Wasserstoff, Sauerstoff und Wasser, katalytische Kraftstoffumwandlung und –umsetzung), miniaturisierte Batteriesysteme, kompakte Zeolithreaktoren
<b>Integrierte Produktpolitik</b>	Produktionstechnik, Materialauswahl, Effizienzsteigerung	Gezieltes Materialdesign, neuartige Legierungen / Werkstoffe, leichtere Trag- und Strukturbauteile, präzise Bearbeitungsverfahren, Qualitätskontrolle auf atomarer Skala, schaltbare Werkstoffeigenschaften, umweltfreundliche Eigenschaften wie „Nicht-Verschmutzung“ etc., neuartige Klebtechnologien, Selbstorganisationsprozesse
<b>Analytik / Mess-, Steuer- und Regelungstechnik</b>	Wasser- und Abwasserwirtschaft, Analytik, Prozessüberwachung und –steuerung	Lab-on-Chip-Sensorsysteme, kombinierte Sensoren / Aktuatoren

- Korrosionsschutzschichten
- Optimierte Batterien und Akkus
- Interessant sind besonders Brennstoffzellen für mobile Wasserstoffspeicherung, miniaturisierte Batteriesysteme sowie kompakte Zeolithreaktoren.
- Verschleißschutz für mech. Bauteile
- Abgaskatalysatoren
- Nanomembrane (zB. Trinkwassergewinnung)
- Hier findet Nanotechnologie besonders Anwendung in Wasseraufbereitungs- und Abwasserbehandlungsanlagen sowie der Kanal- und Klärtechnik. Membrane werden verwendet für die Filtration, die Membrantechnologie (Kolloidmembran), Ab-/Adsorption, Ionenaustauscher, funktionalisierte Oberflächenbeschichtungen, Füllkörper, selektive Katalysatoren, Katalyse und sensitiven Schadstoffnachweis.
- Farbstoffsolarzellen
- sensorische Umweltüberwachung
- photokatalytische Luft- und Wasserreinigung
- Elektroden und Elektrolyten
- Abfall / Recycling
- Nanotechnologische Produkte werden im Recycling, der Abfallbehandlung und -entsorgung, der Rauchgasreinigung sowie der Deponietechnik verwendet. Insbesondere als Möglichkeit für einen sensitiven Schadstoffnachweis, für Filtration und hitzebeständige Wandverkleidung.
- Alternative Energiequellen
- In Form von zB. Beschichtungen, Partikeln sowie Elektronik ist eine wesentliche Optimierung in der Erzeugung von Solar- und Windenergie möglich.

### **Medizin/Life Science**

- Röntgenkontrastmittel
- Lab-on-a-chip Systeme
- Bio-Chip-Arrays
- Krebstherapie durch Hyperthermie
- Antimikrobielle Beschichtungen
- Biosensoren
- Markerstoffe
- Wirkstofftransport
- Biokompatible Implantate
- Quantenpunkt-Etiketten

### **Automobilbau, Luft- und Raumfahrt**

- Nanopartikel für Reifen
- Antireflexionsschichten
- Interferenzlacke
- Nanoskalige Verbundstoffe
- Nanobeschichtete Dieselinjektoren
- Antibeschlagsschichten
- Kratzfeste Lacke
- Magnetoelektronische Sensoren
- Nanokomposit als Leichtbaustoff
- Polymerscheiben
- Kraftstoffzusatz
- Brennstoffzellen
- Katalysatoren
- Treibstoffe
- Panzerung

### **Elektronik/Informationstechnik**

- GMR-Sensoren (Festplatten)
- OLED
- Diodenlaser
- Si-Elektronik < 100nm
- Polymerelektronik (zB. Funketiketten)
- Phase-Change-Speicher
- Ferroelektrische Speicher
- Magnetoelektrische Speicher
- Kohlenstoffnanoröhren-Feldemissionsdisplays
- Dispersionen für chemisch-mechanisches Polieren (CMP)
- flexible Bildschirme
- Sputtermaterial (Kathodenzerstäubung)

### **Textilien und Konsumprodukte allgemein (inkl. Lebensmittel und Kosmetika)**

- Schmutzabweisende Textilien
- Superisolierende Thermobekleidung
- Duftimprägnierte Bekleidung
- Antibakterielle Wäsche
- Kleidung mit integrierter Elektronik
- UV-geschützte Fasern
- Aktive Wärmeregulierung
- Sonnencremen
- Kosmetika

Kosmetika sind ein Wachstumsmarkt. Alleine in Österreich wurden 2007 Kosmetik-

produkte im Wert von € 1,3 Milliarden gekauft, wobei gegenüber 2006 ein Umsatzplus von 3% verzeichnet werden konnte.

Bei der Kaufentscheidung spielen mehr noch als der Preis die Produkteigenschaften eine wichtige Rolle. Um diese geforderten verbesserten Wirkeigenschaften der Produkte zu erreichen, macht sich deshalb auch die Kosmetikbranche immer öfter die Entwicklungen der Nanotechnologie zunutze.

Nanotechnologische Anwendungen, die bei der Herstellung kosmetischer Mittel zum Einsatz kommen, sind im Wesentlichen Nanoemulsionen und Nanopigmente. Darüber hinaus finden sich nach Herstellerangaben noch weitere nanoskalige Materialien, wie etwa nanopartikuläres Gold und Silber, Keramik – Nanopartikel und Mineralien in kosmetischen Produkten.

#### Anwendung bei Nanoemulsionen

Nanoemulsionen sind in der Natur weit verbreitet, wie zB. in Milch. In kosmetischen Mitteln sind es makroskopische Zubereitungen, die Öl- und Wassertröpfchen enthalten, die auf nanoskalige Abmessungen reduziert werden, um den Gehalt an pflegenden Ölen zu erhöhen und dabei gleichzeitig die Transparenz und Leichtigkeit der Rezeptur zu erhalten. Gelegentlich werden empfindliche Wirkstoffe wie Vitamine in Bläschen mit einer Größe im Nanometerbereich vor Luft geschützt.

Liposome beispielsweise setzen den Inhaltsstoff erst zum Zeitpunkt der Anwendung bei Kontakt mit der Haut frei. Nanoemulsionen durchdringen nicht die Hautbarriere. Gesundheitsbehörden weltweit bestätigen, dass sie sicher sind.

Der Vorteil von Nanoemulsionen ist, dass sie frei von synthetischen Emulgatoren (Tensiden) sind, weshalb Fettbestandteile der Haut mit Wasser nicht ausgewaschen werden. Sie gelten deshalb als besonders geeignet für sensible Haut. Nanoemulsionen sind aufgrund der geringen Tröpfchengröße transparent und bleiben auch über längere Zeit stabil.

#### Anwendung bei Nanopigmenten

Titanoxid (TiO<sub>2</sub>) und Zinkoxid (ZnO) sind in der Natur weitverbreitete Mineralien. In Sonnenschutzmitteln werden sie in Form von Nanopigmenten verwendet, weil sie UV-Licht reflektieren und streuen. Somit tragen sie dazu bei, die menschliche Haut von den negativen Auswirkungen von UV-Strahlen, einschließlich Hautkrebs, zu schützen.

Ursprünglich wurden TiO<sub>2</sub> und ZnO als herkömmliche Weißpigmente im Mikrometerbereich verwendet. Dadurch sind allerdings vergleichsweise dicke, klebrige und schwer handzuhabende Pasten entstanden, die vom Konsumenten schlecht angenommen wurden, da sie einen weißlichen Film auf der Haut hinterließen. Durch die Verwendung von TiO<sub>2</sub> und ZnO in Form von Nanopartikeln werden diese für das menschliche Auge transparent, lassen sich leichter auf die Haut auftragen und vermitteln ein besseres Hautgefühl.

#### Weitere Anwendungsbereiche von Nanomaterialien in Kosmetika

In manchen speziellen Zahncremen für sensible Zahnhälse wird nanoskaliges Calciumphosphat verwendet, das eine dem natürlichen Zahnmaterial ähnelnde dünne Schicht erzeugt und so die Schmerzempfindlichkeit reduzieren soll.

Weiters findet man laut einigen Herstellerangaben nanopartikuläres Gold und Silber in bestimmten Tages- und Nachtcremes, um der Haut ein frischeres Aussehen zu geben. Nanopartikel aus Vulkanasche für Wimperntusche als auch Keramik-Nanopartikel für Nagellacke sind ebenfalls in Verwendung. Nano-Mineralien (Silicium, Calcium, Magnesium) in Hautlotionen, Haarshampoos oder Massageölen erweitern die Produktpalette kosmetischer Mittel.

- Elektronik
- Sportartikel
- Nahrungsmittelbestandteile

- In der Natur sind Nanopartikel weit verbreitet, so enthalten auch alltägliche Nahrungsmittel nanoskalige Teilchen: lässt man beispielsweise Sülze gelieren oder Stärke zu Pudding einkochen, werden dabei netzartige, zwei- und dreidimensionale Nanostrukturen erzeugt. Als weitere Beispiele können Molkeproteine und Caseine in der Milch angeführt werden. Auch Siliciumoxid (Kieselsäure) wird seit langem als Rieselhilfsmittel für trockene pulverförmige Lebensmittelzutaten verwendet.
- Diese in den Speisen natürlich vorkommenden Partikel in Nanogröße geben keinen Anlass zum Misstrauen. Auf Vorbehalte stoßen vielmehr eigens beigemengte Nanoteilchen, die einem Nahrungsmittel neue Eigenschaften verleihen sollen, z.B. um:
  - die Löslichkeit zu verbessern
  - die kontrollierte Abgabe zu ermöglichen (z.B. Omega 3 Fettsäuren)
  - die Bioverfügbarkeit zu erhöhen (von Vitaminen, Mineralien)
  - länger haltbar gemacht zu werden

Das Thema Nanotechnologie im Lebensmittelbereich ist sehr sensibel. Momentan ist uns nicht bekannt, ob bzw. wie viele solcher Lebensmittel derzeit in Österreich auf dem Markt sind. Laut Univ.-Prof. Berghofer vom Department für Lebensmittelwissenschaften und -technologie an der BOKU erfolgt die praktische Anwendung dieser Technik im Lebensmittelbereich jedoch gegenwärtig noch in einem sehr beschränkten Umfang.

#### Mitteilung von Prof. Berghofer

In einer weltweiten Nanoprodukt-Datenbank des »Woodrow Wilson International Center for Scholars, Washington DC« finden sich unter dem Stichwort »food« mit dem Stand 09/12/06 nur 30 Produkte. 15 der Produkte von diesen 30 Nennungen sind als Nahrungsergänzungsmittel zu bezeichnen, bei denen Vitamine und Mineralstoffe in Nanostrukturen eingebettet sind oder in kolloidaler Form vorliegen, um ihre Stabilität oder Bioverfügbarkeit zu erhöhen. 10 Produkte betreffen die Oberflächenbeschichtung von Lebensmittelverpackungen, Lagerbehältern oder Kühlschränken, um damit antibakterielle Eigenschaften oder eine einfachere Reinigung zu erzielen. Bei sieben dieser Produkte wird dafür kolloidales Silber genutzt. Nur bei 5 Produkten handelt es sich tatsächlich um direkte Einsatzgebiete bei Lebensmitteln: so etwa ein Öl, das in Liposomen eingebettete Phytosterine enthält, die das Eindringen von Cholesterin in die Blutbahn verhindern sollen, oder ein Kakao-Shake, dessen Kakaoinhaltsstoffe durch so genannte Nano-Cluster besser und schneller in die Körperzellen transportiert werden. Keines dieser 5 angeführten Produkte ist derzeit in Österreich erhältlich.

#### Auswahl möglicher Anwendungsbereiche von Nanopartikeln und nanostrukturierten Materialien

- Nanokapseln, Nanoemulsionen, Nanokugeln aus Milchprotein als Verkapselung, Verbesserung der Löslichkeit, Schutz und kontrollierter Abgang bei „Functional Food“;
- Membrane in Wasseraufbereitung, Filter;
- nanokeramische Beschichtung zur Reinigung und Frischhaltung von Frittieröl;
- Nanopulver in Heilkräuterzusätzen;
- Nano – Lycopin als Antioxidans für Nahrungsergänzungs- und Lebensmittel;
- Nano – Beta – Carotin als Farbstoff für Getränke;
- TiO<sub>2</sub>, SiO<sub>2</sub>, CaO, ZnO, MnO als Überzug von Süßwaren.

#### **Verpackungen**

Nanopartikel in Verpackungsmaterialien können einen besseren Schutz der Lebensmittel gewährleisten, etwa indem sie Durchlässigkeit von Folien verringern, desodorierend wirken, UV-Licht abblocken, die Hitzebeständigkeit und die Beständigkeit gegenüber mechanischer Belastung erhöhen, gegen Bakterien oder Pilze wirken.

TiO<sub>2</sub> in Nanoform ist transparent, behält aber seine UV-Beständigkeit und wird von mehreren Firmen als Füllpartikel in Folien und Plastikcontainern vertrieben. Nano-TiO<sub>2</sub> in Verpackungsmaterialien wird als lebensmittelsicher eingestuft.

Nylon-Nanokomposite werden für Lebensmittelverpackungen verwendet (z.B. Pet-Flaschen für Bier und andere alkoholische Getränke), da sie eine Barriere für Sauerstoff und CO<sub>2</sub> darstellen und damit die Frische des Produktes erhalten bleibt bzw. üble Gerüche abgehalten werden.

Anwendungsfelder allgemein:

- zur Herstellung von Oberflächen, die Schmutzaufnahmen möglichst gering halten;
- um Gleiteigenschaften für verpackte Güter zu verbessern;
- um Oberflächen für nachfolgende Klebevorgänge zu adaptieren;
- um in der feinsten Zerstäubung von Lacken und Klebern eine sehr dünne, jedoch deckende Beschichtung zu erreichen.

## ANHANG 3

### Arbeitsgruppe Umwelt: Empfehlungen nach Institutionen

#### **Universität Wien, Department für Umweltgeowissenschaften**

##### Umweltanalytik

Es bestehen gravierende Defizite im Bereich der quantitativen Analytik von Nanomaterialien in Umweltmedien und Produkten. Hierbei muss unterschieden werden zwischen

(1) der Quantifizierung der Materialien an sich (also Unterscheidung vom natürlichen Hintergrund aber ohne Information über z.B. den Aggregationsstatus oder Oberflächenchemie) und

(2) der detaillierten quantitativen Charakterisierung relevanter Eigenschaften, ähnlich einer Schadstoff-Speziesanalyse. Im ersten Fall gibt es bereits erste Lösungsansätze, im zweiten Fall existieren faktisch keine Konzepte wie dies realisiert werden soll.

Für eine Bewertung der Relevanz einer festgestellten Umweltkonzentration wird es aber notwendig sein, die Parameter, die die Schadwirkung steuern, zu quantifizieren. Es ist geradezu eine intrinsische Eigenschaft von Nanopartikeln, dass die Massenkonzentration des Materials allein häufig kaum etwas über die Schadwirkungen aussagen kann. Die derzeitigen Diskussionen über mögliche Strategien zur Messung von Nanopartikeln in Umweltmedien setzen Prioritäten weniger bei der Entwicklung von Analysetechniken als mehr bei der Entwicklung von Analysemethoden. Es wird davon ausgegangen, dass Geräte zur Messung bereits weit entwickelt sind und den meisten realistischen Ansprüchen genügen, die komplexen Umweltproben aber entsprechend aufbereitet werden müssen, damit eine Messung möglich wird. Dies steht im Einklang mit der klassischen Schadstoffanalytik in Umweltmedien.

##### Homo- vs. Heteroaggregation

Ausgehend von den niedrigen zu erwartenden Konzentrationen an potenziellen Emissionsquellen (z.B. Kläranlagenablauf) im Vergleich zu natürlich vorhandenen Partikeln und Flocken ist eher von einer Heteroagglomeration als von Homoagglomeration auszugehen. Es wird also wichtig sein, vor allem die Wechselwirkungen der technischen Partikel mit den natürlich vorkommenden Partikeln und Flocken zu untersuchen.

##### Funktionale Persistenz

Die Anwesenheit eines technischen Nanopartikels an einem bestimmten Ort muss nicht bedeuten, dass dieses auch unerwünschte Effekte verursacht. Da die Schadwirkungen das Resultat von sehr komplexen Reaktionen können, z.B. an der Oberfläche des Partikels oder durch Sonneneinstrahlung, können Veränderungen am Partikel oder seiner Umgebung die potenzielle Schadwirkung abschwächen oder verstärken. Neben der physikalischen Persistenz (z.B. Auflösung des Partikels) muss daher verstärkt die funktionale Persistenz untersucht werden, d.h. die Veränderung der potenziellen Schadwirkung durch äußere Einflüsse, wie z.B. Auf- und Abbau von Coatings oder eine Oberflächenoxidation.

#### **Wiener Umwelthanwaltschaft**

- Ein Finanz-Plan, wie die Nanotechnologie-Forschung in Österreich in den nächsten Jahren weiter unterstützt wird. Dabei sollten konkrete Prozentzahlen (und Mindestbeträge) für die Risikoforschung getrennt nach Gesundheit und UMWELT enthalten sein, damit sichergestellt ist, dass Studien über Umweltrisiken nicht unter den Tisch fallen.
- Es sollten vorwiegend Projekte der Risikoforschung unterstützt werden, wo auch in Österreich eine Exposition gegeben ist (z.B. die Belastung von Badegewässern durch



Nanopartikel aus Sonnenschutzcremen, oder die gesundheitlichen Risiken durch den Einsatz von Nanosilber im körpernahen Bereich).

- Öffentliche Fördergelder für Produktentwicklungen im Nanobereich sollten gezielt dort eingesetzt werden, wo auch für Bevölkerung und Umwelt ein direkter Nutzen zu erwarten ist (z.B. für Neuentwicklungen im Bereich der Photovoltaik, Nanoanwendungen bei der Bekämpfung schwerer Krankheiten).
- Eine Zusage der Wirtschaft, unabhängige Risikoforschungsprojekte, finanziell zu unterstützen, etwa durch Einzahlung jährlicher Beiträge in einen industrieunabhängigen Fonds.
- Ein Plan über die Beteiligung Österreichs an internationalen Nano-Risiko-Forschungsprojekten.
- Ein Maßnahmenkatalog, wie in Österreich Arbeitnehmer/innen, die mit Nanomaterialien arbeiten und/oder gegenüber Nanopartikeln exponiert sind, trotz Datenlücken bei der Risikobewertung vorsorgend geschützt werden. Dabei sollten auch die möglichen Stoffeigenschaften und nicht nur die Partikelgröße und -menge berücksichtigt werden.
- Eine Position zum Thema "Nanomaterialien und Produkte mit Umweltsiegel" (hier gilt das Vorsorgeprinzip im Besonderen, auch im Hinblick auf den Imageschaden, welcher die Auszeichnung eines im Nachhinein als gefährlich eingestuften Nanoproduktes für die Glaubwürdigkeit von Umweltsiegeln haben könnte).
- Einführung einer Deklarationspflicht für Nanomaterialien in öffentlichen Ausschreibungen auf Bundes- und Länderebene, um rasch einen ersten Überblick über das schon vorhandene Marktangebot an Nanoprodukten zu bekommen (die so eingeholten Informationen sollten von den öffentlichen Beschaffer/innen an das Umweltbundesamt weitergeleitet und dort in einer eigenen Datenbank gespeichert werden, die Fachexpert/innen zugänglich ist).
- Schaffung einer NANO-Monitoringstelle im Umweltbundesamt, die aktuelle Studienergebnisse im Bereich Risikobewertung und am Markt befindlichen Nanoprodukte vergleicht und etwaige Risikoprodukte rasch identifiziert. Entsprechende Ergebnisse sollten aktuell auf der Website des Umweltbundesamtes abrufbar sein.
- Maßnahmen zur Fortführung und Ausweitung des Risikodialogs unter Einbindung der Bevölkerung/interessierten Öffentlichkeit. Dabei müssen auch Instrumente geschaffen werden, die der Bevölkerung einen Handlungsspielraum geben.
- Erlassung einer österreichischen, gesetzlichen Regelung zu Nanomaterialien und -produkten, die es erlaubt, Produkte, die unter dem dringenden Verdacht stehen, gesundheits- oder umweltgefährdend zu sein, sofort vom Markt zu nehmen, insbesondere, wenn die entsprechende Kennzeichnung und Warnhinweise auf den Produkten fehlen.

#### Ein Forderungskatalog in Richtung EU mit folgendem Inhalt:

- Entweder ein Moratorium für Produkte, die Nanopartikel enthalten, und im körpernahen Bereich verwendet werden (Kosmetika, Lebensmittel, Sprays), bis es an Nanomaterialien adaptierte gesetzliche Regelungen gibt oder die
- rasche Einführung einer gesonderten Registrierungspflicht für Nano-Stoffe und Produkte, die bereits auf dem Markt sind oder neu auf den Markt gebracht werden. Dabei müssen auch Angaben über die mögliche Exposition von Arbeitnehmer/innen, Konsument/innen und Umwelt enthalten sein und ein Standarddatensatz zur konventionellen Toxizitätsbewertung der NANO-Form des jeweiligen Stoffes vorgelegt werden. Dadurch kann EU-weit das Informationsniveau der Behörden über die aktuelle Marktentwicklung deutlich angehoben werden.
- Anfügen eines Kürzels bei der EINCES-Nummer (und CAS-Nummer), wenn Stoffe in der Nanoform vorliegen
- Einführung einer Kennzeichnungspflicht für Nanomaterialien und Nanoprodukte

## **AGES Institut für Pflanzenschutzmittelbewertung und -zulassung**

### Generell

- International anerkannte und harmonisierte Prüfvorschriften für Nano-Pflanzenschutzmittel sowie die entsprechenden rechtlichen Anpassungen sollten erfolgen.
- Verpflichtende Angabe des Antragstellers, ob das Pflanzenschutzmittel Nanomaterialien enthält
- Spezielle Guidelines für die Bewertung von Nanomaterialien (Wirkstoff(e), Beistoff(e), Formulierung)

### Identität und physikalisch-chemische Eigenschaften

- Da die Eigenschaften von Nanomaterialien stark von Struktur, Oberfläche und Partikelgröße abhängen, sind neue Parameter für Identifizierung und Erfassung der physikalisch-chemischen Eigenschaften nötig.
- Einheitliche Terminologie und chemische Nomenklatur für Nanomaterialien muss entwickelt werden.
- Neue Analysemethoden für Nanomaterialien müssen entwickelt werden.

### Toxikologie

- Es besteht ein starker Forschungsbedarf hinsichtlich der veränderten Toxikokinetik (Aufnahme durch Biomembranen, Durchlässigkeit Blut-Hirnschranke, dermale Absorption), sowie der vermuteten erhöhten Reaktivität der Nanopartikeln (Lipidperoxidation und Gewebeschädigung, Produktion von reaktiven Sauerstoffspezies, Potenzial zur Mutagenität, Kanzerogenität, Cytotoxizität)
- Eignung der herkömmlichen Schutzkleidung für Arbeiter/innen und Anwender/innen beim Kontakt mit Nanopartikeln soll überprüft werden
- Überlegungen, ob die herkömmlichen Expositionsmodelle auch für die Exposition durch die Nanopartikel geeignet sind, sollen gestartet werden. Es ist anzunehmen, dass die Angabe der Dosis oder Exposition in Masse (mg/kg Körpergewicht) sinnvollerweise durch die Angabe in z.B. Partikeloberfläche oder Partikelanzahl pro kg Körpergewicht) ersetzt werden soll.

### Ökotoxikologie und Umweltverhalten

- Die bestehende Kennzeichnung von Pflanzenschutzmitteln sollte in Hinblick auf den Eintrag von Nanopartikel in die Umwelt überarbeitet werden.
- Überprüfung, ob die bestehenden Datenanforderungen für chemische Pflanzenschutzmittel auch die Auswirkungen von Nanopartikeln ausreichend abdecken, sollen initiiert werden. Des Weiteren soll abgeklärt werden, ob die bestehenden Test-Guidelines (OECD, ISO) die möglichen Auswirkungen von Nanopartikeln auf die Umwelt ausreichend erfassen.
- Die bisher zur Verwendung kommenden Expositionsmodelle sollen hinsichtlich der Eigenschaften von Nanopartikeln überarbeitet werden. So ist anzunehmen, dass neben der Exposition über Oberflächengewässer und Böden auch die Exposition über die Luft stärker berücksichtigt werden muss.

## **Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft**

- Finanzielle Beteiligung an der Ausarbeitung adaptierter, validierter Testmethoden für Nanomaterialien im Rahmen der OECD-Sponsorship-Programm der Working Party on Manufactured Nanomaterials mit Fokus auf Umweltauswirkungen bestimmter Stoffe
- Umsetzung der Maßnahme (dz. EK-Meinung), dass die Nanoform von Stoffen im Sicherheitsdatenblatt und chemischen Sicherheitsbericht klar erkennbar gemacht wird
- Umsetzung der Maßnahme (dz. EK-Meinung) dass die Nanoformen von Stoffen aufgrund ihrer geänderten Eigenschaften gesondert einzustufen und zu kennzeichnen sind

- Sammlung von Daten über mögliche „besonders besorgniserregende Eigenschaften“ bestimmter Nanostoffe, die in Österreich in großen Mengen verwendet werden und in die Umwelt gelangen könnten.
- Gegebenenfalls Evaluierung eines/mehrerer ausgewählten/r Nanostoffe(s), die für Österreich besonders relevant sind, durch die österreichischen Behörden im Rahmen der REACH-Stoffbewertung

### **Umweltbundesamt**

- Förderung von Risikoforschung für ökotoxikologische Fragestellungen – insbesondere in Bezug auf Testmethoden. Finanzierung von Testungen bezüglich Parameter, die hinsichtlich Nanomaterialien für Umwelt-Toxizität und Umweltverhalten entscheidend sind. Die erhobenen Daten sollten möglichst transparent und international nutzbar sein und in das OECD-Sponsorship-Programm der Working Party on Manufactured Nanomaterials inkludiert werden.
- Die Entwicklung und Validierung von toxikologischen in-vitro Methoden und der aktuellen Risikobewertungsmethodik an sich muss gefördert werden, um der gesellschaftspolitischen Notwendigkeit zur Reduktion von Tierversuchen und der Verbesserung des Schutzes von Mensch und Umwelt gerecht zu werden. Entsprechende Ergebnisse sollten in das OECD-Sponsorship-Programm der Working Party on Manufactured Nanomaterials inkludiert werden können
- Risikoforschung zu physikalisch-chemischen Gefahren durch Nanomaterialien wie etwa erhöhte Explosionsgefahr sollte gefördert werden.
- Um die tatsächliche Belastung von Umweltmedien mit Nanomaterialien erheben zu können, müssen entsprechende analytische Messmethoden in einem Messkonzept (weiter)entwickelt werden.
- Umwelt-Expositionsdaten zu Nanotitandioxid, Nanosilber, Kohlenstoffröhrchen, Fullerenen und ausgewählten weiteren Nanomaterialien sollten erhoben werden.
- Förderung von Nanotechnologiebenefit-Forschung für Umwelt-Fragestellung (z.B. Entwicklung Methoden für die Umweltanalytik oder Wasseraufbereitung mittels Nanotechnologie)
- Förderung von Untersuchung sowie Forschung bezüglich Risikowahrnehmung, Dialog- und Partizipationsformaten
- Förderung von Begleitforschung zu Maßnahmen (inkl. Dialog)
- Förderung von Netzwerkstrukturen für effizienten Austausch von gegenseitigem Wissen und gemeinsamer Entwicklungen
- Dialog mit der Öffentlichkeit, der hohen Informationsbedarf und mögliche Ängste ernst nimmt und Innovationspotenzial erfahrbar macht (Nutzen/Chancen/Risiken)
- Untersuchungen, inwieweit es bei der Sammlung von Abfall und dessen weiterer Behandlung zur Freisetzung von Nanomaterialien kommt.
- Finanzierung zur Unterstützung zur Eingabe von österreichischen Forschungsdaten in die OECD-Nanosicherheitsdatenbank der Working Party on Manufactured Nanomaterials.
- Forschungsfinanzierung zu einer Erhebung mit Österreich-Fokus, inwieweit der Einsatz von Nanomaterialien zu Ressourcenschonung sowie Abfallvermeidung bzw. Abfallverwertung beitragen kann.

### Arzneimittel

- Umweltrelevante Informationen zu nanoskaligen Arzneimittel sollten bei der Europäischen Arzneimittelbehörde EMA gebündelt und transparent zugänglich werden.

### Biozide

- In Zukunft ist es für die Risikobewertung von Bioziden notwendig, dass nano-skalige Biozide von entsprechenden Nichtnano-Formen unterschieden werden können. Dafür ist es erforderlich, die Definition von Nanopartikeln sowie die Datenanforderung einer

Charakterisierung der Größe und Form des Biozides (Feststellung, ob Nanoskalierung in mind. einer Dimension vorliegt) verbindlich in die BP-RL und in die entsprechenden technischen Leitfäden aufzunehmen. Weiters sollte auf EU-Ebene ein Leitfaden zur vergleichenden Bewertung der Nano- und Nichtnano-Form entwickelt werden. Für die Information der Anwender sollten diese Charakteristika zumindest im Sicherheitsdatenblatt gemäß der REACH Verordnung aufscheinen.

- Neben den formal erforderlichen Voraussetzungen für eine Risikobewertung von nanoskaligen bioziden Wirkstoffen und Produkten, müssen auch technische Voraussetzungen erfüllt sein. Aus diesem Grund sollte die Entwicklung von nanospezifischen Expositionsmessmethoden sowie die Messung von Human- und Umweltexposition sowie entsprechende Modellentwicklung und Validierung gefördert werden.
- Was biozid-behandelte Erzeugnisse betrifft, ist zu fordern, dass die notwendige Klarstellung in der Biozidprodukte-Richtlinie im Zuge der Revision auch eine Diskussion der technischen Anforderungen einschließt.
- Grundsätzlich sollte für Nanobiozide im Speziellen das Vorsorgeprinzip für Österreich soweit eingefordert werden, dass deren Einsatz auf Bereiche reduziert wird, in denen die erforderliche Wirkung durch andere Methoden nicht ausreichend ist.

## REACH

- Förderung einer österreichischen Position zu:
  - Einführung einer Definition von Nanomaterialien in REACH
  - Eine verpflichtende Angabe bei der Stoffidentität, dass ein Stoff in Nanoform vorliegt sowie entsprechende relevante Angaben zur sicheren Verwendung in der Stoffsicherheitsbeurteilung sowie im Sicherheitsdatenblatt.
  - Sicherstellung, dass Informationsanforderungen durch Ergebnisse aus (sinnvoll adaptierten) Testungen mit dem verwendeten Nanostoff erfüllt werden.
  - Sicherstellung, dass nanostoffspezifisch eingestuft und gekennzeichnet wird, sodass gegebenenfalls ein ausführlicher Stoffsicherheitsbericht für den Nanostoff erstellt werden muss, auch wenn für den Stoff in Nichtnanoform keine Einstufung erfolgt ist.
  - Senkung der Tonnagenschwelle für Non-Phase-in-Stoffe.
- Durchführen von Nano-Stoffbewertungen gemäß REACH durch österreichische Behörde.
- Beteiligung an der Ausarbeitung adaptierter, validierter Testmethoden für Nanomaterialien im Rahmen des OECD-Sponsorship-Programms der Working Party on Manufactured Nanomaterials mit Fokus auf Umweltauswirkungen bestimmter Stoffe.
- Sammlung von Daten über gefährliche Eigenschaften bestimmter Nanostoffe sowie Erhebung von österreichischen Expositionsdaten zu diesen Stoffen.

## **EU Umweltbüro**

### 1) Strikte Anwendung des Vorsorgeprinzips/Umkehr der Beweislast/umfassende Informationspflicht

Die derzeit nicht vorhersehbaren Gefahren für Mensch und Umwelt bedürfen einer bedachten Handhabung von Nanotechnologien. Größtmögliche Transparenz in den Bereichen Forschung, Entwicklung und Anwendung ist anzustreben.

Bei der Einführung neuer Erzeugnisse unter Einsatz von Nanotechnologien ist die Umkehr der Beweislast notwendig. Keine Kenntnisse über mögliche Auswirkungen, sollte nicht dazu führen einen Freibrief für die Vermarktung zu erhalten. Die Regel „no data – no market“ muss umgesetzt werden. Zusätzlich muss das Produkt- und Haftungsrecht den neuen Technologien angepasst werden.

Der Bevölkerung muss das Recht für umfassende Information zuerkannt werden. Datenmaterial und Produktinformationen zu nanoskaligen Stoffen müssen transparent und öffentlich frei zugänglich sein, d.h. sie müssen wie Umweltinformationen im Sinne des Umweltinformationsgesetzes (UIG) und der Aarhus Konvention behandelt werden. Jedermann muss das Recht haben, die Herausgabe der bei den Behörden und staatsnahen Firmen vorliegenden Informationen über Nano-Technologie und Zulassungs-Verfahren heraus zu verlangen.

## 2) Klare und umfassende Regelungen für nanotechnologischer Risiken und Haftung.

Eine EU-weite Regelung ist notwendig. Diese Regelung sollte die Aufnahme der Substanzklasse „Nanochemikalien“ und Einstufung zumindest als „umweltgefährlich“ nach Chemikaliengesetz und Gefahrstoffverordnung enthalten, eine Registrierungspflicht über den Einsatz und die Anwendung von Nanomaterialien vorsehen und eine Kennzeichnungspflicht für Nanoprodukte vorschreiben. Diese Vorschriften sollen so wohl für die Forschung als auch Herstellung, Verwendung und Entsorgung gelten.

Entwickler/innen von auf Nanotechnologie basierenden Erzeugnissen sowie jene Unternehmer, die diese auf dem Markt einführen, müssen neben der zivilrechtlichen Verschuldenshaftung einem Haftungsregime unterworfen sein, welches eine verschuldensunabhängige Haftung für Schäden an der Umwelt vorsieht. Unternehmer/innen und Entwickler/innen können durch neue Technologien einen wirtschaftlichen Vorteil erlangen. Dafür müssen sie aber das Entwicklungsrisiko tragen. Sonst würden Kosten, welche aus der Verwendung dieser Technologie entstehen (Umweltschäden und Ähnliches), auf die Allgemeinheit abgewälzt. Aufgrund der unklaren Risiken wäre eine Versicherungspflicht für Unternehmer/innen und Entwickler/innen in angemessener Höhe geboten, um einen Ausfall zu verhindern, falls das verursachende Unternehmen den Schaden nicht tragen kann. Dieses System entspricht der Umwelthaftung im rechtlichen und wirtschaftlichen Sinn, das sich aus dem Verursacherprinzip heraus leitet.

## 3) Methodenentwicklung zur Risikoabschätzung

Forschungsanstrengungen zu ökologischen und gesundheitlichen Wirkungen, aber auch zu den gesellschaftlichen und ethischen, sozialen Aspekten der Nanotechnologie müssen erheblich verstärkt werden. Die derzeitige Regelung zur Feststellung der Toxizität und Exposition ist unzureichend. Neue Methoden zur Bewertung qualitativer Wirkungsunterschiede zwischen Nanostoffen und den ursprünglichen Makrostoffen müssen entwickelt werden. Die Beweislast muss bei den Produzenten liegen.

Die Bewertung der Exposition von Mensch, Tier und Pflanze sowie Identifizierung und Bewertung der Risiken ist unter folgenden Gesichtspunkten erforderlich:

- Aufstellung von Expositionsszenarien über den gesamten Lebenszyklus (Herstellung, Gebrauch, Entsorgung) von Nanopartikeln.
- Berücksichtigung der Wirkungen bei Risikogruppen, vorgeschädigten Personen oder Organen (z.B. entzündete Schleimhäute, beschädigte Haut) etc. Dabei sind insbesondere auch Langzeitbeobachtungen erforderlich.
- Untersuchung von Persistenz und Bioakkumulation.

## 4) Beteiligung der Öffentlichkeit an Zulassungsverfahren

Die Einführung von auf Nanotechnologie basierenden Erzeugnissen auf dem Markt stellt ein Risiko für die Umwelt wie auch für die menschliche Gesundheit dar. Die Auswirkungen einer derartigen Markteinführung können irreversibel sein. Ein Zulassungsverfahren unter Beteiligung der Öffentlichkeit mit allen nach der Aarhus-Konvention vorgesehenen Rechten (Zugang zu Information, Beteiligung am Verfahren, Rechtsschutz gegen die Entscheidungen) muss daher vorgesehen sein.



### die umweltberatung

- Betrachtung des gesamten Lebenszyklus von Nano-Produkten
- mehr Geld für Nano-Risikoforschung und entsprechende Begleitmaßnahmen
- Entwicklung von spezifischen Nachweisverfahren für Nanopartikel in der Luft: diese und in weiterer Folge auch Analytik-Methoden für andere Medien wie Wasser und Boden sind für die Beobachtung und Kontrolle der Verteilung in der Umwelt dringend nötig
- Deklaration synthetischer Nanomaterialien auf Produktverpackung
- eine umfassende Bestandsaufnahme der Nutzung von Nanomaterialien und Nanotechnologien in Österreich
- Zur Sicherstellung der Handlungssicherheit für Unternehmen und Behörden muss die Anwendbarkeit der gesetzlichen Rahmenbedingungen auf Nanomaterialien überprüft werden und nötigenfalls neue Regelungen eingeführt werden. Freiwillige Vereinbarungen können Regelungen nicht ersetzen, da sie im Falle eines Zuwiderhandelns nicht einklagbar sind.
- Vordringlich ist auch die Einführung von eindeutigen und einheitlichen Definitionen und Klassifizierungen im Bereich der Nanomaterialien.
- Einführung einer Meldepflicht über den Einsatz von Nanomaterialien und einer Zulassungspflicht für besonders sensible oder konsumentennahe Anwendungen, z.B. im Lebensmittel- oder Kosmetikbereich.

### Folgende Forschungsbereiche sind als nächste Schritte dringend erforderlich:

- Untersuchungen zur Resorption, systemischen Verfügbarkeit, Akkumulation und Ausscheidung von Nanomaterialien nach oraler Exposition (z.B. Lebensmittel und Lebensmittelverpackungen)
- Bewertung der Toxizität von Nanomaterialien nach oraler Exposition, ein rasches Schließen der vorhandenen Wissenslücken und eine abschließende Bewertung von Nano-Titandioxid und Nano-Zinkoxid, um Gewissheit für die KonsumentInnen zu schaffen. Insbesondere bei Nano-Titandioxid sind noch einige Punkte offen. Hier sind auch unterschiedliche Formen am Markt die toxikologisch unterschiedlich zu bewerten sind.
- Forschung zu unlöslichen und schwer löslichen Partikel, Fasern und Röhren bzw. deren Zusammenschlüsse wie Agglomerate oder Aggregate toxikologisch besonders relevant sind.
- Solange deren Gefahren noch nicht endgültig bewertbar sind, muss das Vorsorgeprinzip befolgt werden. Daher sind vorerst Expositionen weitestgehend zu vermeiden, um das Risiko möglichst gering zu halten.
- Verwendung neuer relevanter Parameter wie Partikelform, katalytische Eigenschaften (Reaktivität), das Oberflächen/Volumen-Verhältnis, Aggregationstendenz oder Oberflächenladung.
- verändertes Brand- und Explosionsrisiko bei katalytisch aktiven Nanopartikeln
- Artikel wie Sonnencremes mit Nanopartikeln, deren Inhaltsstoffe in großen Mengen in der Umwelt landen, z.B. in unseren Badegewässern.
- Sprays, da hier häufig fein verteilte Tröpfchen der Chemikalien (Aerosole) eingeatmet werden und so die Atemwege belasten können. Das Schweizer Bundesamt für Gesundheit sieht jene mit Nanopartikeln als besonders kritisch, da „hier freie Nanopartikel über die Atemluft aufgenommen werden können. Bei regelmäßiger Anwendung könnte dies bei bestimmten Nanopartikel zu einer Anreicherung im Lungengewebe mit möglichen negativen Langzeiteffekten führen.“ Die Aufnahme von Nanopartikeln über die Haut oder durch versehentliches Verschlucken wird als weniger gefährlich eingestuft.
- Fragen zu Verteilungsgerechtigkeit und Ethik (etwa Auslagerung von Produktionsstätten gefährlicher Nanomaterialien in Länder mit niedrigeren Sicherheitsstandards)



### Verein für Konsumenteninformation

- Einheitliche und eindeutige Definition und Klassifizierung von Nanomaterialien, damit Missverständnisse und Verzögerungen in der Regulierung ausgeräumt werden. Insbesondere ist jene Definition zu kritisieren, die sich im Vorschlag der neuen Kosmetik-Richtlinie befindet, da sich diese nur auf unlösliche oder persistente Materialien bezieht.
- Mehr Geldmittel zur Risikoforschung müssen zur Verfügung stehen, wobei die Schließung von Wissenslücken auf international koordinierter Weise erfolgen sollte.
- Vordringliche Forschungsziele sind:
- Spezifische Nachweisverfahren von synthetischen Nanomaterialien zum Einsatz in Arbeitnehmer/innen-, Konsument/innen- und Umweltschutz zur Bestimmung der Expositionen.
- Testmethoden zur Bestimmung der Gefahren synthetischer Nanomaterialien und in weiterer Folge ihre Anwendung.
- Ein öffentlich zugängliches Verzeichnis von Nanomaterialien soll etabliert werden: Hier sollen alle Nanomaterialien gelistet werden, die in Konsumprodukten enthalten sind, mit denen KonsumentInnen direkt, nahe oder regulär in Kontakt kommen und Produkte, welche Nanomaterialien in die Umwelt entlassen.
- Eine verpflichtende Kennzeichnung der Nanomaterialien in Konsumprodukten wird gefordert – parallel dazu soll es Hintergrundinformationen für Konsument/innen geben.
- Partizipation aller Stakeholder: Die Öffentlichkeit muss in die Entscheidungen zu den Nanotechnologien einbezogen werden – in jenen der Politik und der Forschungsaktivitäten. Dabei müssen auch breitere soziale und ethische Überlegungen in Betracht gezogen werden. Um einen tatsächlich demokratischen Prozess bei der Gesetzgebung und Entscheidungen über die Forschungsförderungen zu ermöglichen, müsste das Lobbying von KonsumentInnen bzw. deren VertreterInnen finanziell so unterstützt werden, dass sie über gleichwertige Ressourcen wie die Industrievertreter verfügen.
- Vor der Markteinführung von Konsumprodukten muss eine Sicherheitsbeurteilung erfolgen. Entsprechende regulative Vorgaben sind dafür zu etablieren. Dabei geht es um eine umfassende Bewertung der Risiken gegenüber Arbeitnehmer/innen, Konsument/innen und der Umwelt über den gesamten Lebenszyklus der Produkte. Diese Bewertung soll in Abhängigkeit vom konkreten Produkt unterschiedliche Gewichtungen haben – für Produkte, die direkt am Körper angewandt werden, muss eine volle Sicherheitsbeurteilung für Mensch und Umwelt erfolgen. Für andere, zum Beispiel die Beschichtung einer Waschmaschine mit Nanosilber, ist ein größeres Gewicht auf die Umweltauswirkungen zu legen.
- Zur Verfolgung von Reklamationen müssen Überwachungsstandards etabliert werden. Dazu ist es wichtig, dass auch die Benefits der Nanoprodukte fundiert und von unabhängiger Seite nachgewiesen werden können.
- Ad REACH: Tonnage-Grenzen für die Registrierung von Nanomaterialien gemäß REACH sind unpassend, da die Menge weit weniger wichtig ist als andere Eigenschaften, wie Oberfläche, Konzentration, Oberflächenbeschaffenheit und -spannung etc. Wichtig ist daher auch, diese Eigenschaften in den Leitlinien von REACH zu präzisieren und als Beschreibung in die Stoffidentität einzufügen.
- Bei der Evaluierung (Bewertung) ist speziell auf Nanomaterialien achten.
- Wichtig ist hier vor allem die Stoffbewertung. Es sollte möglichst von jedem
- Mitgliedsstaat zumindest ein Nanomaterial bewertet werden
- In der Review-Phase von REACH im Jahr 2012 muss ein Schwerpunkt Nanomaterialien sein.
- Es ist rasch zu prüfen, ob Nanomaterialien, bei denen es Hinweise darauf gibt, z.B. CNT (Carbon Nanotubes) besonders bedenkliche Substanzen (SVHCs) sind und diese dann rasch auf die Kandidatenliste zu setzen.
- Alle im Einsatz befindlichen Nanomaterialien sollten ab bestimmten Mengen behördlich zu registrieren sein (z.B. ab 1 kg).

- Ad Entwurf der Kosmetik-VO: Die Begriffe unlöslich und biologisch beständig sollten sobald als möglich wieder aus der Definition entfernt werden – am besten noch bevor die Verordnung endgültig verabschiedet wird.
- Die Fristen für die Notifizierung sind mit drei Jahren viel zu lang: Die Einreichung der Dossiers für bereits am Markt befindliche Produkte muss innerhalb eines Jahres erfolgen.
- Ein einheitliches Bewertungssystem muss etabliert werden.
- Bestimmungen zu Transparenz sollten um 2 Jahre früher angesetzt werden.
- Ad Lebensmittel: In der Novel-Food-Verordnung und Lebensmittelzusatzstoffverordnung sollen ähnliche Grundsätze wie bei den Kosmetika festgelegt werden: insbesondere zu Sicherheitsbewertungen (Zulassung!) und bei den Vorgaben zur Transparenz von Nanomaterialien in Lebensmitteln – mit kürzeren Übergangsregeln und einer breiteren und allgemein anerkannten Definition von Nanomaterialien.

### **NanoTrust**

- Da die Anzahl der kommerziellen Anwendungen stetig wächst, ist der zügige Aufbau eines adäquaten, wissenschaftlich fundierten Monitorings und zugleich eines Sicherungssystems erforderlich.
- Bei Nanomaterialien wie Nanosilber besteht Forschungsbedarf bezüglich negativer Wirkungen, Ausbreitungswege, Biopersistenz und Bioakkumulation in natürlichen Ökosystemen.

### Analytik und Methodologie

- Um Ökotoxikologie und Umweltverhalten von synthetischen Nanomaterialien zu beurteilen, sind Entwicklungsanstrengungen bei analytischen Instrumenten/Methoden zum Nachweis und zur Charakterisierung (Größenverteilung, Form, chemische und physikalische Oberflächenbeschaffenheit, Art und Umfang möglicher Verunreinigungen etc.) von synthetischen Nanopartikeln (NP) notwendig. Insbesondere gilt dies für den Nachweis und Charakterisierung von NP in „natürlicher“ Umgebung (Luft, Gewässer, Böden aber auch in biologischen Organismen (Pflanzen, Tiere)).
- Teilfragen aus dem Bereich der in-vitro-Testmethoden sind etwa die Identifizierung geeigneter Lösungsmittel und Methoden zur Dispersion von Nanopartikeln, um sie einer weiteren Charakterisierung zugänglich zu machen.
- Standards für die Systematisierung der Untersuchungen sowie zur Vergleichbarkeit der Ergebnisse sind notwendig. So bedarf es der Verwendung bzw. Entwicklung von Referenzmaterialien.
- Um die Vergleichbarkeit der Untersuchungen zu gewährleisten, bedarf es standardisierter Testverfahren, sowie die Entwicklung eines einheitlichen und eindeutigen Begriffsapparats.
- Eine weitere wichtige methodische Voraussetzung ist die Identifikation von relevanten Endpunkten für Experimente mit neuen Nanomaterialien.
- Die bestehenden Methoden bei Life-Cycle-Analysen (LCA) zur Abschätzung des Eintrages von Nanopartikeln in die Umwelt müssen angepasst werden. Insbesondere sind fehlende Nachweismethoden derzeit die wesentliche Barriere für die Durchführung von LCA.

Konkrete, essenzielle Fragestellungen für die Beurteilung der Ökotoxikologie und des Umweltverhaltens synthetischer Nanopartikel sind je nach Medium (Luft, Wasser, Boden) bzw. Organismen (Pflanzen und Tiere) gesondert zu untersuchen.

- (Langzeit-) Stabilität, Löslichkeit, Abbaubarkeit (z.B. unter UV-Strahlung, Hitzebeständigkeit)
- Dispersionsverhalten
- Reaktivität, (insbesondere: katalytische und biozide Eigenschaften)
- Aggregations- bzw. Agglomerationsverhalten

- Adsorptionsverhalten
- Wechselwirkungen mit biologischen Organismen
- Akkumulationsverhalten, insbesondere die Bioakkumulation
- Bioverfügbarkeit
- Wechselwirkungen mit anderen Stoffen in der Umwelt, insbesondere mit Umweltgiften wie Schwermetallen
- Kinetik („fate“) von Nanopartikel in ökologischen Systemen, z.B. Sedimentationsverhalten.
- Von besonderer Dringlichkeit ist die Untersuchung des Umweltverhaltens von bioziden bzw. katalytisch aktiven Nanomaterialien, wie z.B. Silbernanopartikel, oder nanopartikuläre Photokatalysatoren (TiO<sub>2</sub>).

#### Zelltoxikologische Fragen

- Was sind die toxikologischen Mechanismen (Bildung freier Sauerstoffradikale, Erbgutschädigung und damit Störung der Reproduktion oder der erfolgreichen Entwicklung)?
- Wird die Störung vom Partikel selbst oder durch die Abgabe von Ionen, wie im Falle des Nanosilbers, verursacht?
- Wie stabil sind die Partikel in der intrazellulären Umgebung?
- Gibt es Abbauprozesse bzw. Detoxifikationsprozesse in der Zelle und was steuert die entsprechenden Raten?
- Werden die Partikel eingelagert und damit dem Organismus entzogen? Was passiert, wenn die Zelle, in die die Partikel eingelagert werden abstirbt? Werden die Partikel dann wieder frei?

### **Empfehlungen der Wirtschaftskammer Österreich**

#### Nanotechnologie national fördern

Bestehende und neu zu schaffende Mittel für Forschung und Entwicklung sollten gerade in jenen Bereichen eingesetzt werden, in denen österreichische Forschungseinrichtungen und insbesondere Unternehmen bereits Schwerpunkte gesetzt haben. Möglicherweise kann der nationale Nanoaktionsplan bereits Hinweise auf diese Felder geben, eine verstärkte Analyse ist jedoch unumgänglich. Eine deutlich verbesserte Kommunikation von Forschungseinrichtungen und Unternehmen ist jedenfalls notwendig, um besser auf die jeweiligen Bedürfnisse eingehen zu können.

#### Risikoforschung nur in internationaler Abstimmung

Die vertiefende Erforschung von Risiken durch die kommerzielle Anwendung von Nanotechnologie ist notwendig, muss aber unbedingt EU-weit und im Rahmen der bereits laufenden Arbeiten der OECD koordiniert geschehen. So können Parallelprojekte vermieden und Ressourcen effizient und abgestimmt eingesetzt werden. Sinnvollerweise sollte es nur in Bereichen Risikoforschung geben, die für Österreich relevant sind. Das kann am effizientesten durch eine enge Verknüpfung von Risikoforschung und angewandter Forschung erreicht werden. Keinesfalls darf es dazu kommen, dass Österreich signifikante Beträge an öffentlichen Geldern für Risikoforschung anstatt für angewandte, heimische Forschung ausgibt und andere Wirtschaftsräume ausschließliche Nutznießer der Forschungsergebnisse sind.

#### Entwicklung von standardisierten Methoden notwendig

Bei der Bestimmung der Exposition von Nanomaterialien in die Umwelt muss vorab sichergestellt werden können, dass natürliches oder durch gänzlich andere Quellen hervorgerufenen „Hintergrundrauschen“ nicht zu einer Verfälschung der Ergebnisse führt. Sinnvollerweise sind Messmethoden auf internationaler Ebene zu erarbeiten und zu etablieren. Keinesfalls sollten Ergebnisse, die auf Basis von nicht-standardisierten Methoden erhalten worden sind, zur Risikoabschätzung und in weiterer Folge für Interpretationen hinsichtlich des Handlungsbedarfs herangezogen werden. Insbesondere sollten

Berechnungsmethoden in der ersten Phase nicht angewandt werden. Diese sind, wie in der Regel schon auf Grund der hohen Unsicherheitsfaktoren zu erkennen ist, im Fall von Nanopartikel hinsichtlich Zuverlässigkeit problematisch. Entsprechend validierte Berechnungsmodelle zur Grobabschätzung von Expositionen sind gleichfalls international akkordiert zu erarbeiten.

Keine eigenständige Regelung für Nanomaterialien notwendig

Neue Regulierungen, die ausschließlich Nanotechnologie betreffen, werden im Gegensatz zu „nano-spezifischen“ Anpassungen bei spezifischen EU-Rechtsakten als nicht notwendig erachtet (Anmerkung: ev. Umformulierung von Position zu Maßnahme).

Anreiz für freiwillige Maßnahmen der Wirtschaft erhöhen

Maßnahmen, die freiwillig durch die Wirtschaft durchgeführt werden, sind oft ein zielführenderes und flexibleres Instrument als konkrete Regelungen. Vor Einführung neuer Regelungen sollten diese in der Regel effektiven Möglichkeiten – wie z.B. Unternehmenszertifikate, Code of Conduct – zur Gänze ausgeschöpft werden. Um für diesen freiwilligen Ansatz eine möglichst breite Akzeptanz der Wirtschaft zu bekommen, sollten derartige Maßnahmen spezifisch gefördert und den Unternehmen Anreize zur Teilnahme (Erleichterungen in anderen Rechtsbereichen, Reduktion der Verwaltungskosten, Ersparnis von ähnlichen Melde- oder Prüfverpflichtungen, etc.) geboten werden.

## ANHANG 4

### Beispiele Forschungsbedarf Nanotechnologie

Wie im Kapitel „Handlungsbedarf und Empfehlungen“, erwähnt<sup>63</sup> soll letztlich der Österreich-spezifische Forschungsbedarf – im Kontext der internationalen Forschungsarbeiten und -projekte im Bereich EHS – definiert werden. In weiterer Folge könnte dieser Forschungsbedarf in Form konkreter Projektausschreibungen präzisiert werden.

Die in diesem Anhang angeführten Beispiele für möglichen Forschungsbedarf wurden im Rahmen der Arbeiten am vorliegenden österreichischen Aktionsplan Nanotechnologie identifiziert. Sie stellen eine erste Bestandsaufnahme dar und sind keinesfalls erschöpfend.

#### **Gesundheit und Arbeitnehmer/innenschutz**

##### Allgemein

Bei der Gewährung von Förderungen der öffentlichen Hand für Projekte im Bereich Forschung & Entwicklung Bereich Nanotechnologie wäre folgendermaßen vorzugehen:

Entwicklung von Kriterien, bei welchen Fragestellungen und in welchem Ausmaß begleitende Risikoforschung in Ausschreibungen zu integrieren ist.

Vorteil: keine zusätzlichen Kosten, könnte aber nützliche Resultate bringen und jedenfalls das politische Bekenntnis der Bundesregierung zum Grundsatz "safety first" zum Ausdruck bringen.

##### Lebensmittel

Studien zur Auslotung der Potenziale der Verwendung von Nanomaterialien im Bereich Lebensmittelverpackungen in Österreich:

- Welche Anwendungen gibt es bereits?
- Welche werden geplant?
- Welche Chancen eröffnen sich für österr. Unternehmen?
- Welche Vorteile können sich daraus für die Verbraucher ergeben (z.B. längere Haltbarkeit von LM)?
- Welche Vorteile in ökonomischer und ökologischer Hinsicht (z.B. Materialeinsparung, Abfallvermeidung) sind zu erwarten?
- Welche eventuellen Gesundheits- und/oder Umweltrisiken können aus diesen Anwendungen resultieren?

Diese Thematik eignet sich für eine eventuelle Kooperation mit Akteuren/innen aus den Bereichen Umwelt bzw. Wirtschaft. Analoge Studien könnten auch in Bezug auf Kosmetika und eventuell auch Aromen/Zusatzstoffe vergeben werden.

Beteiligung (mit Know-how und/oder finanziellen Mitteln) an EU/internationalen Projekten zur

- Entwicklung (Adaptierung) von Nachweis/Messmethoden und zur
- Entwicklung (Adaptierung) von (öko)toxikologischen Testverfahren für Nanomaterialien.

##### Arbeitsplatzsicherheit

- Überblick über Verwendungen von Nanomaterialien an Arbeitsplätzen insbesondere in KMU sowie angewendete Risikominimierungsmaßnahmen (RMM).  
Ziel: Überblick über den derzeitigen Stand der Verwendungen von NM an Arbeitsplätzen und der RMM; darauf aufbauend: Erkennen von Prioritäten für weiteren Handlungsbedarf im Bereich RMM (Beispielweise betreffend Sicherheitsdatenblätter, Leitfäden, gesetzliche Lücken etc.)
- Ergebnisse 2011/2012
- Arbeitsmedizinisch-toxikologische Kenntnisse zu Stoffwirkungen

<sup>63</sup> EHS: Environment, Health, Safety

### Messmethoden/Expositionsprofile/Grenzwerte an Arbeitsplätzen

- Zusammenstellung vorhandener Messmethoden
- Erstellen von Expositionsprofilen (Expositionskategorien) für verschiedene Verwendungen an Arbeitsplätzen, relativ aber auch im Hinblick auf (vorläufige) Arbeitsplatz-Grenzwerte (GW) und Empfehlungen für künftige GW (Literaturrecherche)
- Weiterentwicklung der vorhandenen Messverfahren für Routinemessungen  
Ziel: Überblick über Expositionssituationen, Erstellung/Verbesserung von RMM-Leitfäden, Verbesserung von Sicherheitsdatenblättern, Schaffung von (vorläufigen) Arbeitsplatzgrenzwerten und auch ein Beitrag zur Adaptierung der vorhandenen Messmethoden für Routinemessungen (Messgerätehersteller!)

### **Umwelt**

- Nanotechnologie-Benefitforschung bei Umwelt-Fragestellung mit Österreichfokus (z.B. Wasseraufbereitung mittels Nanotechnologie oder verbesserte oder neue Techniken zur Energiegewinnung oder Energieschonung, Nanotechnologie-basierter Photovoltaik, Entwicklung von Methoden für die Umweltanalytik)
- Forschung zu Umweltverhalten und Ökotoxikologie von synthetischen Nanopartikeln (insbes. Nanosilber und Nanotitandioxide) inkl. Adaptierung und Standardisierung von Testmethoden: z.B. zu Aggregation, Agglomeration, Dispersions-, Adsorptions- und Sedimentationsverhalten, (Langzeit-)Stabilität, Löslichkeit, Abbaubarkeit, Ausbreitungswege, (funktionale) Persistenz, (Bio)akkumulation, Bioverfügbarkeit, Reaktivität und Auswirkungen auf Organismen (insbesondere katalytische und biozide Eigenschaften). Fragen zur Verwendung geeigneter Lösungsmittel und Methoden zur Dispersion sowie die Identifikation relevanter Endpunkte müssen besonders beachtet werden
- Forschung zu Zelltoxikologie: toxikologische Mechanismen (etwa Bildung freier Sauerstoffradikale, Abgabe von Ionen) mit daraus eventuell resultierender Genotoxizität, Kanzerogenität, Reproduktionstoxizität oder anderer toxischer Folgen; Stabilität sowie Abbau- und Detoxifikationsprozesse (inkl. Einlagerung und deren Folgen) von Nanopartikeln in intrazellulärer Umgebung
- Entwicklung eines Messkonzepts zur Bestimmung von Nanomaterialien (etwa Nanotitandioxide, Nano-Silber, Kohlenstoffröhrchen) in der Umwelt (Gewässer, Boden, Luft, Organismen (Tiere, Pflanzen, Pilze, Bakterien), in Österreich (inklusive Erfassung für Österreich besonders relevanter Fragestellungen wie die Belastung von Badegewässern durch Nanopartikel in Sonnenschutzcremen). Hierbei müssen geeignete Analysemethoden zur Quantifizierung generell (inklusive Unterscheidung von natürlichem Hintergrund) sowie zur quantitativen Charakterisierung relevanter Eigenschaften wie etwa Oberflächenchemie entwickelt werden
- Forschung zu nanomaterialspezifischen Expositionsszenarien und Expositionsmodellen sowie Nachhaltigkeit über den Lebenszyklus (Herstellung, Gebrauch, Entsorgung) mit Österreichbezug. Die Medien Wasser, Boden und Luft sollten erfasst werden. Die bestehenden Methoden bei Life-Cycle-Analysen zur Abschätzung des Eintrags von Nanopartikeln in die Umwelt sollten angepasst werden
- Forschung/Erhebungen zu Mängel sowie Verbesserungsmöglichkeiten in relevanten Gesetzgebungen wie REACH und CLP sowie etwa bei Biozideregulungen-, Pflanzenschutzregelungen (inkl. Pflanzenstärkungsmittel), Kosmetikregelungen, Arzneimittelbestimmungen bezüglich Umweltdaten, Abfallregelungen, Umwelthaftungs- und Umweltinformationsbestimmungen, sowie andere umweltrelevante Regelungen wie etwa Wasserrahmenrichtlinie
- Sammlung von Daten über gefährliche Eigenschaften bestimmter Nanostoffe, die für Österreich von besonderer Relevanz sind
- Forschung zu nanospezifischer Adaption von Risikobewertung



- Forschung/Erhebung zu den in Österreich befindlichen Nanomaterial-hältigen Produkten bzw. Nutzung von Nanomaterialien und Nanotechnologie
- Forschung zur Entwicklung von nanorelevanten Referenzmaterialien.
- Forschung bezüglich Risikowahrnehmung, Dialog- und Partizipationsformaten
- Forschung zu Verteilungsgerechtigkeit sowie ethischen und sozialen Auswirkungen durch den Einsatz von Nanomaterialien
- Untersuchungen zu Abfall:
  - inwieweit es bei der Sammlung von Abfall und dessen weiterer Behandlung zur Freisetzung von Nanomaterialien kommt
  - inwieweit der Einsatz von Nanomaterialien zu Ressourcenschonung sowie Abfallvermeidung bzw. Abfallverwertung beitragen kann.
- Forschung zu Wechselwirkungen mit anderen Stoffen in der Umwelt, insbesondere mit Umweltgiften wie Schwermetallen
- Forschung zu veränderten physikalisch-chemischen Parametern von Nanomaterialien – etwa bezüglich Explosions- und Brandgefahr
- Analyse nanorelevanter Schwerpunkte, die österreichische Unternehmen und Forschungseinrichtungen gesetzt haben
- Forschung/Erhebungen zu Exposition am Arbeitsplatz/durch Sprays bzw. Umweltmedium Luft
- Forschung im humantoxikologischen Bereich mit Schwerpunkt auf in-vitro Methoden und deren Validierung

Um eine effiziente Ressourcennutzung zu gewährleisten und Doppelgleisigkeiten zu vermeiden, sollte bei Forschungsprojekten – wenn möglich – darauf geachtet werden, dass diese in internationale Programme wie dem OECD-Sponsorship-Programm der Working Party on Manufactured Nanomaterials oder europäische Initiativen eingebettet werden.

## ANHANG 5

### Nano-Informationsplattform

#### Ziele, Aufgaben und Strukturen

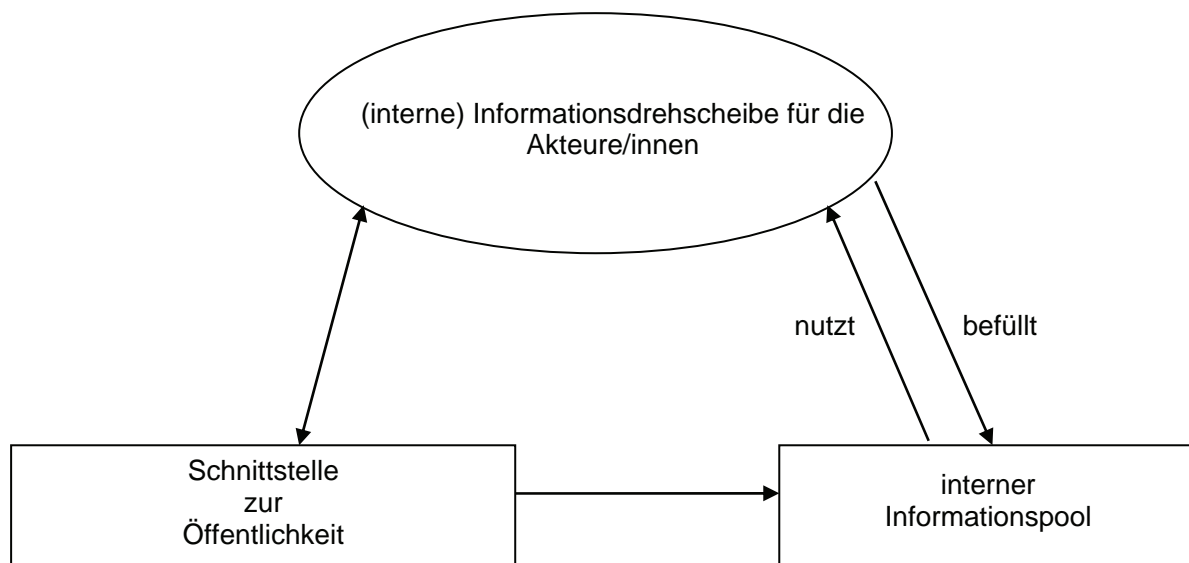
Erfahrungen der letzten Jahre haben gezeigt, dass eine transparente Kommunikation über neue Technologien einen hohen Stellenwert in der Öffentlichkeit einnimmt. Ziel einer Nano-Informationsplattform (NIP) ist es, ein qualifiziertes und ausgewogenes Angebot für die Meinungsbildung zum Thema Nanotechnologien zu bieten.

Ermöglicht werden soll dies durch eine Vernetzung der relevanten Akteure, um aktuelles und zuverlässiges Wissen zusammenzuführen und einen Wissensaustausch zu ermöglichen.

Auf dieser Basis soll ein verständliches Informationsangebot für interessierte Gruppen der Zivilgesellschaft (Bürger/innen, Entscheidungsträger/innen, Medien, Interessensvertretungen, Bildungseinrichtungen etc.) erarbeitet werden.

Ein hierfür notwendiger erster Schritt ist die Etablierung eines Netzwerkes der relevanten Akteure zum Aufbau einer Nano-Informationsplattform.

Folgende Struktur erscheint sinnvoll:



Die Nano - Informationsplattform soll folgende Kernaufgaben erfüllen:

- Informationsdreh-scheibe zur Förderung der Kommunikation zwischen den Akteuren des Netzwerkes
- Laufende Zusammenführung und Erfassung vorhandener Wissensbestände der Akteure und Schaffung einer gemeinsamen Wissensbasis
- Schaffung und Gestaltung einer geeigneten Schnittstelle zur Öffentlichkeit