

# UMGANG MIT NANO IM BETRIEB

## ERFAHRUNGEN AUS FALLSTUDIEN IN ÖSTERREICH

GESUND UND SICHER ARBEITEN - ES ZAHLT SICH AUS



**Ein Gewinn  
für alle!**

### UNTERSUCHUNG

im Auftrag des Bundesministeriums für Arbeit, Soziales und  
Konsumentenschutz

# IMPRESSUM

## **Herausgeber**

Bundesministerium für Arbeit,  
Soziales und Konsumentenschutz,  
Zentral-Arbeitsinspektorat  
1040 Wien, Favoritenstraße 7

## **Für den Inhalt verantwortlich**

Bundesministerium für Arbeit,  
Soziales und Konsumentenschutz,  
Zentral-Arbeitsinspektorat  
1040 Wien, Favoritenstraße 7

Erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Wien, Dezember 2009

# **Umgang mit Nano im Betrieb**

## **Erfahrungen aus Fallstudien in Österreich**

Untersuchung im Auftrag des Bundesministeriums für Arbeit, Soziales und Konsumentenschutz, Sektion Arbeitsrecht und Zentral-Arbeitsinspektorat.

**Günther Kittel**

**unter Mitarbeit von Gerhard Elsigan und Peter Bettelheim**

**PPM forschung + beratung**

**Linz, Dezember 2009**

# INHALT

<b>1. Einleitung .....</b>	<b>8</b>
<b>2. Ablauf und methodisches Vorgehen .....</b>	<b>9</b>
<b>3. Fallstudien .....</b>	<b>12</b>
<b>4. Auswertung .....</b>	<b>16</b>
<b>4.1 Nanoproduktion in Österreich .....</b>	<b>16</b>
<b>4.2 Unternehmensprofil .....</b>	<b>18</b>
<b>4.3 Nanomaterialien .....</b>	<b>23</b>
<b>4.4 Arbeit mit Nanomaterialien .....</b>	<b>26</b>
<b>4.5 Selbsteinschätzung der Gefahren und Risiken .....</b>	<b>33</b>
<b>4.6 Nano-Risikomanagement .....</b>	<b>35</b>
<b>4.7 Informationen in der Lieferkette .....</b>	<b>41</b>
<b>4.8 Unterstützung im Nano-Risikomanagement .....</b>	<b>46</b>
<b>5. Zusammenführende Diskussion und Ausblick .....</b>	<b>49</b>
<b>Literatur .....</b>	<b>55</b>

# Zusammenfassung

Der Umgang österreichischer Unternehmen mit Nanotechnologien und Nanomaterialien wurde in Fallstudien mittels leitfadengebundener Gespräche und, soweit möglich, Betriebsbegehungen untersucht. Schwerpunkt waren Betriebe, die Nanomaterialien erzeugen bzw. zu Produkten mit Nanomaterialien weiterverarbeiten.

Die Auswertung erfolgte im Vergleich mit thematisch ähnlich gelagerten Studien aus Dänemark, Deutschland, Schweiz und den Niederlanden, einer früheren Recherche aus Österreich, sowie einer weltweiten Untersuchung aus den USA.

Das Fehlen einer Erfassung österreichischer Nano-Unternehmen machte das Vorhaben in zeitlicher Hinsicht sehr aufwändig.

Die Fallstudien bilden in Hinblick auf Unternehmensgröße, Geschäftsfelder bzw. Branchen, Nano-Aktivitäten und gehandhabte Nanomaterialien ein ausreichend charakteristisches Spektrum der Nano-Produktion in Österreich ab, deren Umfang wie auch in anderen vergleichbaren europäischen Ländern (noch) nicht sehr groß sein dürfte. Oberflächen- und Beschichtungstechnologien im weitesten Sinn dürften die häufigsten Nano-Anwendungen sein.

In den Betrieben der Fallstudien gibt es im Schnitt seit drei bis vier Jahren produktionsbezogene Nano-Aktivitäten, drei von ihnen erzeugen selbst Nanomaterialien, stellen aber auch Produkte mit Nanomaterialien her, so wie die Betriebe, die Nanomaterialien zukaufen. Fast alle Unternehmen arbeiten in Forschung & Entwicklung ebenfalls mit Nanomaterialien.

Nur in einem untersuchten Betrieb gibt es detaillierte Leitlinien, die sich mit Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit befassen.

Die vorgefundenen Produktions- bzw. Verbrauchsmengen an Nanomaterialien sind mit einer Ausnahme niedrig. Meistens werden Nanopulver und Nano-Dispersionen als gehandhabte Nanomaterialien angeführt.

Nano-Grundmaterialien sind häufig Titandioxid und Kohlenstoff (Carbon Black, Diamant, Graphit), aber auch Zinkoxid, Kieselsäuren und Silikate, metallische Nitride und Carbonitride, Keratine. Manche Nano-Anwender kennen das Grundmaterial ihrer Nanomaterialien aufgrund fehlender Lieferantenangaben nicht.

Die vorkommenden Nanopartikel weisen ein breites Größenspektrum auf. Nano-Produzenten wissen die Größe der Nanopartikel, Nano-Anwendern ist sie jedoch zumeist nicht bekannt.

Die Anwenderbetriebe von Nanomaterialien in den Fallstudien setzen fast zur Gänze Nano-Suspensionen ein, bei der Herstellung kommen Nano-Stäube vor. Bei den Produkten und Erzeugnissen sind die Nanomaterialien immer in einer Matrix gebunden.

Die drei Nanomaterialien produzierenden Betriebe setzen verschiedene Gasphasenverfahren (CVD, PVD, CL-CCVD), sowie Mahlverfahren ein.

Pro Betrieb arbeiten meistens nur wenige Beschäftigte mit Nanomaterialien, sowohl in absoluten Zahlen als auch relativ zur Gesamtzahl der Belegschaft.

Häufigkeit und Dauer der potenziellen Exposition gegenüber Nanomaterialien sind im Großteil der untersuchten Unternehmen gering. Wöchentliche bzw. tägliche kurzfristige Tätigkeiten mit Nanomaterialien überwiegen.

Als Tätigkeiten mit Nanomaterialien werden in den Fallstudien Füll-, Misch- und Entnahmeprozesse am meisten genannt.

Die Selbsteinschätzung der Befragten bezüglich der Gefährlichkeit der gehandhabten Nanomaterialien ist nicht mit der Unternehmensgröße oder den Qualifikationen der Befragten, jedoch mit der Qualität der vom Lieferanten erhaltenen Informationen bzw. mit den eingesetzten Sicherheits- und Gesundheitsmaßnahmen in Zusammenhang zu bringen. Sie stimmt mit den Aussagen über selbst gesehene Schwachpunkte im Nano-Risikomanagement überein.

An den Arbeitsplätzen gibt es derzeit außer in Nanomaterialien produzierenden Betrieben nur selten Nano-Expositionsmessungen.

Ein explizites nano-spezifisches Risikomanagement ist in keinem der in den Fallstudien untersuchten Betriebe festzustellen. Die eingesetzten Sicherheits- und Gesundheitsmaßnahmen dürften sich im Allgemeinen an den konventionellen Vorgangsweisen für die Grob-Form oder beispielsweise für das relevanteste Lösungsmittel orientieren. Manche der Unternehmen wählen ihre Schutz- und weiteren Maßnahmen so, als ob die vorhandenen Nanomaterialien gefährlich seien. Bei einigen (kleineren) Betrieben bilden sich generelle Schwächen im Risikomanagement auch im Umgang mit Nanomaterialien ab.

Lüftungstechnische Maßnahmen und Persönliche Schutzausrüstung sind in praktisch allen Betrieben der Fallstudien vorhanden.

Die Risikokommunikation zu Nanomaterialien innerhalb der Lieferkette ist nur in wenigen Fällen befriedigend.

In der Regel sind in den Sicherheitsdatenblättern nicht einmal grundlegende Charakteristika der Nanomaterialien enthalten, schon gar nicht Angaben über nano-spezifische Gefahren oder notwendige Maßnahmen.

Verschiedene Unterstützungswünsche wurden in den Fallstudien geäußert:

Informationen zu Nanomaterialien und Nano-Risikomanagement, z. B. in dieser Hinsicht brauchbare Sicherheitsdatenblätter, ein Leitfaden zum Nano-Umgang, oder Positiv- und Negativlisten von Nanomaterialien.

Technische Informationen und Leitfäden, z. B. zu Messverfahren und -methodik oder zu technischen Maßnahmen.

Pilotprojekte zur Praxis des Nano-Risikomanagements, z. B. in Bezug auf Erfahrungen kleinerer Betriebe, sowie zur Entwicklung entsprechender Leitfäden.

Klärungen legislativer Aspekte, z. B. in Zusammenhang mit gesetzlichen Rahmenbedingungen oder behördlichen Genehmigungen.

Die Untersuchungsergebnisse sind mit den Erkenntnissen thematisch ähnlicher Studien vergleichbar. Behörden und zuständige Einrichtungen können sich derzeit auf eine vergleichsweise eingeschränkte Zahl von Produktionsarten, Betrieben bzw. Beschäftigten konzentrieren. Ein Schwerpunkt ist auf kleinere Arbeitsstätten zu setzen, die Nanomaterialien anwenden.

Viele Beispiele "Guter Praxis" für ein, dem Vorsorgeprinzip folgendes Risikomanagement können den vorliegenden Fallstudien, Forschungsprojekten und Untersuchungen in anderen Ländern entnommen werden.

Empfehlungen für weitere Aktivitäten des Arbeitsinspektorats im Bereich Nanotechnologien und Nanomaterialien wurden formuliert: Sie betreffen die Bereitstellung von Informationen (vorzugsweise via Web), die Ausarbeitung und Veröffentlichung von Empfehlungen und Leitfäden, die Rolle externer ExpertInnen in den Betrieben, die Information innerhalb der Lieferkette, sowie weiterführende Recherchen bzw. Forschungsprojekte.

Prinzipien und Kriterien für Vorgangsweisen beim Umgang mit Nanomaterialien wurden skizziert. Ein detaillierterer Vorschlag für die Operationalisierung des Vorsorgeprinzips in Nano-Betrieben wird vorgestellt.

Eine Reihe von Vorlagen und Quellen, die bei der Ausarbeitung von Empfehlungen und Leitfäden für die Arbeit mit Nanomaterialien hilfreich sind, werden aufgelistet.

Diese Untersuchung wurde im Auftrag des Bundesministeriums für Arbeit, Soziales und Konsumentenschutz, Sektion Arbeitsrecht und Zentral-Arbeitsinspektorat, Abteilung Arbeitsmedizin und Arbeitshygiene, durchgeführt.

# 1. Einleitung

Nano-Anwendungen werden große technische und ökonomische Möglichkeiten zugeschrieben. Nanotechnologien sind bereits seit einigen Jahren nicht mehr auf Forschung und Entwicklung beschränkt. Die Zahl von Unternehmen, die synthetische Nanomaterialien erzeugen oder verwenden, wächst, wenn auch vielleicht langsamer als noch vor wenigen Jahren prophezeit und branchenmäßig in sehr unterschiedlichem Größe.

Es existieren immer noch große Lücken im Wissen um die mit dem Einsatz von Nanomaterialien verbundenen potenziellen Gefahren und das Ausmaß der möglichen Risiken am Arbeitsplatz; es fehlen dafür vielfach noch technische Voraussetzungen und etablierte bzw. normierte Verfahren. Es ist wenig über Anwendungen und Expositionsszenarien bekannt, über die Praxis des Nano-Risikomanagements in den Betrieben. Dies stellte auch der Österreichische Aktionsplan Nanotechnologie fest, der im Oktober und November 2009 einem Konsultationsverfahren unterworfen wurde.

Eine hilfreiche Grundlage zur Bearbeitung der genannten Defizitbereiche wäre eine systematische Erfassung von Unternehmen, die Nanotechnologien einsetzen, wie sie in Österreich bislang noch fehlt. Dies gilt auch für die meisten anderen Länder und wird in vergleichbaren Untersuchungen ebenfalls beklagt.

Die vorliegende Studie will einen Beitrag zum Schließen der genannten Lücken liefern und verschiedene Produktionsszenarien mit Nanotechnologien und Nanomaterialien näher betrachten. Diese qualitative Untersuchung hat einen explorativen Charakter. Sie bietet zwar keine statistisch abgesicherten Resultate, die Fallstudien wurden aber im Vergleich mit vorliegenden, meist internationalen Studien analysiert, um die Plausibilität der erhaltenen Einsichten zu überprüfen. Die in der Untersuchung gewonnenen Ergebnisse und Erkenntnisse liefern einen detaillierten Einblick zur Situation von Sicherheit und Gesundheit bei der Nano-Produktion in Österreich.

Dies bietet Hinweise für Schwerpunktsetzungen künftiger Aktivitäten, für eine wirkungsvollere Kontrolle und Beratung, oder für die gezieltere Ausarbeitung von Hilfsmitteln und Instrumenten, die ein Nano-Risikomanagement unterstützen, das eine sichere und gesunde Arbeit mit Nanotechnologien und Nanomaterialien ermöglicht. Aus der vorliegenden Untersuchung lassen sich überdies quantitativ bearbeitbare forschungsleitende Fragestellungen ableiten.

PPM forschung + beratung dankt allen, die mitgeholfen haben diese Untersuchung durchzuführen, insbesondere den Unternehmen und ihren MitarbeiterInnen, die sich beteiligt haben.

## 2. Ablauf und methodisches Vorgehen

Es wurden **Fallstudien** zum Iststand österreichischer Betriebe beim Umgang mit Nanotechnologien bzw. Nanomaterialien in Bezug auf Sicherheit und Gesundheit am Arbeitsplatz durchgeführt. Die Auswahl der Fallstudien nach Branchen, Tätigkeits- und Unternehmenstypen sollte eine möglichst große Bandbreite von Nano-Szenarien abdecken, sich dabei aber auf Nano-Produktion in Unternehmen unterschiedlicher Größe und Branche konzentrieren. Außerdem waren verschiedene wichtige Typen von Nanomaterialien zu berücksichtigen, soweit sie innerhalb der österreichischen Unternehmensszenen überhaupt gehandhabt werden.

Zentrale methodische Elemente der Erhebung waren leitfadengebundene Gespräche mit relevanten AkteurInnen aus den Unternehmen und damit verbundene Betriebsbegehungen. Untersuchungseinheit bildeten Arbeitsstätten.

**Leitfadengebundene Gespräche** decken relevante Aspekte des Themenfeldes durch vorformulierte Fragen ab, dennoch bietet das Vorgehen für Interviewende und Befragte viel Offenheit. Der genaue Wortlaut und die Reihenfolge der Fragen sind variabel, können dem Gesprächsverlauf angepasst werden. Es ist jederzeit möglich spontan nachzufragen, wenn es die Interviewsituation erfordert, um z. B. individuelle Gesichtspunkte oder bestimmte thematische Details zu vertiefen, die nicht Teil des Leitfadens waren oder sein konnten.

Solche halbstandardisierten Interviews bestehen aus verschiedenen Fragetypen:

- Sondierungsfragen (Einstiegsfragen, Widerspiegelung des Gesagten, Verständnisfragen);
- Leitfadenfragen (wesentliche Fragen zu verschiedenen thematischen Aspekten);
- "ad hoc"-Fragen (für Interviewverlauf oder die Thematik wichtige Fragen).

Ein **Interview-Leitfaden** wurde ausgearbeitet, wobei sich im Frageformat ein Gemisch aus offenen Fragen und solchen mit unterschiedlich vielen festen Alternativen bzw. mit festen Skalen verschiedener Größe ergab.<sup>1</sup> Als Hilfsmittel der Protokollierung und zur Verringerung des Zeitaufwandes für das Gespräch wurden Tabellenvorlagen angefertigt.<sup>1</sup> Diese bezogen sich einerseits auf Firmeninformationen (Teil "FD"), andererseits auf den Umgang mit Nanotechnologien und Nanomaterialien (Teil "AS").

Anregungen zur Entwicklung der Leitfäden wurden früheren Untersuchungen im Themenfeld entnommen, insbesondere von einer Innovations- und Technikanalyse des deutschen VDI Technologiezentrums (Luther/Malanowski, 2004), von der BAuA/VCI-Firmenbefragung (BAuA, 2006; Plitzko/Gierke, 2007)<sup>2</sup>, von einer internationalen Studie (Gerritzen et al., 2006; Holden et al., 2008), sowie von der Schweizer "Nanoinventory"-Studie (Schmid/Danuser/Riediker, 2008).

---

<sup>1</sup> Siehe Interview-Leitfaden und Protokoll-Tabellen im Anhang.

<sup>2</sup> BAuA und VCI planen derzeit eine zweite Fragebogenaktion, bei der ein pragmatischer Ansatz für eine offene Risikokommunikation im Mittelpunkt steht, sowie bei der Befragung 2006 geltende Einschränkungen wegfallen sollen. (siehe auch 4.1)

Der erstellte Interview-Leitfaden wurde nach dem ersten Unternehmensgespräch in kleineren Details überarbeitet. Im Rückblick wäre die Ausarbeitung zweier getrennter Protokoll-Tabellen "AS" für Produzenten von Nanomaterialien und für Anwenderbetriebe vielleicht übersichtlicher gewesen, vor allem hinsichtlich der Verfahrensteile. Allerdings wäre dies bei jenen Unternehmen auch keine Erleichterung gewesen, die sowohl selbst Nanomaterialien herstellen, als auch andere von Lieferanten beziehen und Nano-Produkte erzeugen.

Inhaltlich behandelten die leitfadengebundene Interviews für das Thema Nano-Produktion relevante Bedingungen betrieblicher Praxis, beispielsweise:

- Betriebliche Rahmenbedingungen und Konzepte, z. B. Unternehmensleitlinien, -richtlinien, betriebliche Kennzahlen;
- Einsatzbereich, Produkte, Art und Weise von Arbeitsprozessen, Art der Tätigkeit, Anzahl der mit Nano Beschäftigten;
- Art, Form, Partikelgröße, Stoffmenge etc. der gehandhabten Nanomaterialien;
- Risikomanagement, Risikokontrolle, z. B. Exposition, Expositionsmessungen, eingesetzte Schutz- und andere präventive Maßnahmen;
- Know-how-Stand, Informationsquellen vor allem innerhalb der Lieferkette;
- betriebliche Realität, z. B. "typische" Szenarien für Produktion und Risikomanagement, "Gute Praxis";
- von den Unternehmen formulierte Defizite / Wünsche zur Unterstützung im Nano-Risikomanagement.

Die **Auswahl der Unternehmen bzw. InterviewpartnerInnen** stand vor dem Problem, dass es anders als z. B. in Deutschland in Österreich keine Nano-Unternehmenslisten gibt. Sie musste daher in mehreren Stufen erfolgen:

- Eine Vorauswahl von fast 100 infrage kommenden Unternehmen wurde getroffen: mittels eigener Auflistungen und Webrecherchen (z. B. Teilnahme an Verbundprojekten, Messen, Workshops, Tagungen, Web-Search, Kontakte und Unterlagen der österreichischen Nanotechnologie-Plattform und Nano-Aktionsplan-Gruppe), ergänzt durch telefonische Gespräche und Email-Verkehr mit MultiplikatorInnen, Nano-ExpertInnen und Arbeitsinspektorat, sowie durch Hinweise von bereits interviewten GesprächspartnerInnen.
- Die Hälfte dieser Unternehmen musste ausgeschieden werden, weil sie lediglich Forschung & Entwicklung im Nanobereich betreiben, z. B. infolge eindeutiger Hinweise auf der Firmen-Homepage oder von den vorher genannten Nano-ExpertInnen.
- Weil es sich in den meisten Fällen und insbesondere bei größeren Firmen als unproduktiv erwies, zufällige erste betriebliche Kontaktpersonen in den ca. 50 verbleibenden Unternehmen direkt nach Nano-Produktion zu fragen, wurde in einem weiteren Schritt eruiert, ob das jeweilige Unternehmen für die Erhebung überhaupt in Frage kommt und welche Personen in der Firma anzusprechen sind. Dies erfolgte über die zuständigen ArbeitsinspektorInnen bzw. das Arbeitsinspektorat, vor allem aber über Präventivzentren und die betreuenden PräventivexpertInnen.

- Bei Annahme und Rückmeldung einer Nano-Produktion durch diese MultiplikatorInnen, wurde mit den genannten Kontaktpersonen ein telefonisches Gespräch geführt, teils auch schriftliche Information über die Untersuchung gemailt. Dies diente einerseits der Verifikation, es stellte sich in nicht wenigen Fällen heraus, dass es doch keine Nano-Produktion gab bzw. diese erst geplant war. In den anderen Fällen wurde ein Besuchstermin vereinbart.

Diese Auswahl der Unternehmen erwies sich aus mehreren Gründen<sup>3</sup> als enorm schwierig und zeitaufwändig, da z. B. auch die PräventivexpertInnen meist erst recherchieren mussten und dafür sehr lange brauchten. Ohne die Unterstützung von ihnen bzw. durch ArbeitsinspektorInnen wäre das Vorhaben jedoch noch aufwändiger gewesen.

Die letztendlich acht **Betriebsbesuche** verliefen sehr zufriedenstellend. Alle Unternehmen bzw. betrieblichen Ansprechpartner, die zu Interviews bereit waren, verhielten sich kooperativ. Die (ausschließlich männlichen) Interviewpartner besaßen meist mehrere Funktionen im Betrieb, Kombinationen aus Geschäftsführung, Leitung Produktion, Leitung Entwicklung, Leitung Instandhaltung, Leitung Vertrieb und Sicherheitstechnik. Drei Viertel der Gespräche wurden mit nur einer Person durchgeführt, in den anderen Fällen wurden noch andere beigezogen, z. B. ein Arbeitsmediziner bzw. ein Schichtmeister.

Ausführliche Gespräche konnten in allen besuchten Betrieben geführt werden, in einigen war aber eine Zurückhaltung bei Details zu Produkten bzw. Verfahren zu merken. So war auch auf Nachfragen in ca. der Hälfte der besuchten Arbeitsstätten keine Begehung möglich, z. B. weil *"man ohnehin nichts sieht, da alles automatisch (bzw.: wie in der konventionellen Produktion) abläuft,"* aber auch weil relevante Arbeitsschritte mit Nanomaterialien meist nicht sehr häufig sind (siehe Pkt. 4.4) und die Wahrscheinlichkeit gering, dass gerade zum Zeitpunkt des Betriebsbesuches einer erfolgte.

Ein Besuch konnte für diese Untersuchung nicht ausgewertet werden, da sich erst vor Ort herausstellte, dass im Mikro- und nicht im Nanobereich gearbeitet wurde, trotz anderslautender Informationen des betreuenden Arbeitsmediziners und trotz eines ausführlichen Telefonats mit der betrieblichen Auskunftsperson, in dem das Vorhaben genau erläutert wurde!

Daher wurden nur sieben Fallstudien ausgewertet. Die gewünschte Durchmischung in Bezug auf Nano-Szenarien wurde jedoch erreicht.<sup>3</sup>

Wie zumeist bei Pilotstudien und Vorstudien<sup>4</sup> ist eine positive Verzerrung nicht gänzlich auszuschliessen: Firmen, die bereit waren an der Untersuchung teilzunehmen, könnten auch eine "zu positive" Auswahl darstellen, also Unternehmen sein, die "nichts zu verbergen haben". Einige Beispiele teilnehmender Unternehmen, in denen die InterviewpartnerInnen von selbst und sehr offen auch über Mängel berichteten, weisen jedoch darauf hin, dass dies in der vorliegenden Studie kein besonderes Problem darstellen dürfte.

---

<sup>3</sup> Näheres siehe Pkt. 4.1.

<sup>4</sup> Andererseits sind auch repräsentative quantitative Erhebungen auf Basis von Fragebögen zu hinterfragen, deren Ergebnisse nicht vor Ort verifiziert werden, wie z. B. Tønning/Poulsen, 2007, Plitzko/Gierke, 2008, oder Holden, 2008.

### 3. Fallstudien

Ein Interview mit dem Leiter von Forschung & Entwicklung und einem Schichtmeister (sowie die Betriebsbegehung), das in einem Standort eines Großunternehmens aus der Chemiebranche durchgeführt wurde, konnte für die Fallstudien aus den vorher genannten Gründen nicht ausgewertet werden.

#### Fallstudie 1

Das Unternehmen hat neben dem österreichischen Standort weitere in Deutschland, Spanien und der Türkei, mit insgesamt ca. 800 MitarbeiterInnen. Die besuchte Arbeitsstätte in Österreich beschäftigt 550 ArbeitnehmerInnen. Die Firma zählt zu den weltweit führenden Herstellern von Schneidstoffen aus Hartmetall für Werkzeuge zur Metall-, Holz- und Kunststoffbearbeitung.

Die metallischen Nanomaterialien werden mittels chemischer und physikalischer Gasphasen-Verfahren hergestellt bzw. als Beschichtungen auf verschiedene Hartmetall-Erzeugnisse aufgebracht. Der übrige Produktionsprozess erfolgt nach herkömmlicher Pulvermetallurgie.

Das Unternehmen ist in Forschung & Entwicklung sehr aktiv und beteiligt sich an österreichischen Verbundprojekten, z. B. am Projekt NANOCOAT (multifunktionale Oberflächen auf der Basis von nanostrukturierten Schichten) der Österreichischen Nano-Initiative. Für einige Entwicklungen erhielt es viele österreichische und internationale Auszeichnungen, insbesondere für Nano-Compositschichten.

Das Gespräch wurde mit dem Leiter der Produktentwicklung geführt, der über potenzielle arbeitsbezogene Gefährdungen gut Bescheid wusste. Im Mittelpunkt der Risikobetrachtung steht das chemische Verfahren (CVD), bei dem gefährliche Stoffe eingesetzt werden bzw. entstehen, wobei es allerdings in erster Linie um "konventionelle" Risiken geht.

#### Fallstudie 2

Das Unternehmen ist ein kleinerer Betrieb mit nur einem Standort und weniger als 20 MitarbeiterInnen. Es ist der einzige Hersteller in Österreich, der Kohlenstoff-Nanoröhrchen und -Nanofasern produziert.

Nanomaterialien werden mittels eines dafür selbst entwickelten katalytischen Gasphasen-Verfahrens erzeugt, aber auch zu Produkten mit Nanomaterialien weiterverarbeitet. Die Nanomaterialien werden in polymere Matrixmaterialien einlagert, hauptsächlich für alle im technischen Einsatz befindlichen Thermoplaste.

Das Unternehmen ist am Verbundprojekt NSI (Nanostructured Surfaces and Interfaces) der Österreichischen Nano-Initiative beteiligt.

Im Juni 2009 wurde aus dem Entwicklungsbereich einer größeren Firma die Sparte Nanotechnologie vom Managementteam per Juni 2009 als Spin-off in ein unabhängiges Unternehmen übernommen, um sich auf "*Kernbereiche zu konzentrieren*". Für das Jahr 2010 ist eine Expansion geplant, die mit einem Standortwechsel verbunden sein wird.

Das Gespräch wurde mit dem Leiter der CCVD-Produktion und -Entwicklung geführt, der über den Stand der toxikologischen Diskussion in Bezug auf seine Produkte und die potenziellen Risiken, in erster Linie durch Nanostäube, gut informiert ist. Er kritisiert Mängel in toxikologischen Untersuchungen. Er hat sich an der Ausarbeitung des Österreichischen Nano-Aktionsplans beteiligt.

Spezielle Aktivitäten zu Sicherheit und Gesundheit am Arbeitsplatz wurden vom Betrieb selbst, als auch in einem externen Mess- und Forschungsprojekt durchgeführt. Beim Standortwechsel wird die Produktion auf ein geschlossenes System und volle Automatisierung umgestellt werden.

### **Fallstudie 3**

Das Unternehmen ist ein Kleinbetrieb mit 6 MitarbeiterInnen. Es befasst sich mit Beschichtungen, vor allem von komplizierten Geometrien bzw. von Metallen, aber auch Kunststoffen. Ein Schwerpunkt besteht in Nano-Beschichtungen, wofür der Betrieb Anwender von Nanomaterialien ist. Es handelt sich um einen Lohnbeschichter mit überwiegend geringeren Stückzahlen.

Das Unternehmen ist auch Forschung & Entwicklung tätig, führt die für die Entwicklung spezieller Beschichtungsanforderungen notwendigen Experimente durch, und erzeugt dann die Beschichtungen.

Das Gespräch erfolgte mit dem Geschäftsführer, der selbst auch im Labor steht bzw. *"kritische"* Arbeitsgänge selbst durchführt.

Leitendes Schutzprinzip ist die Gute Laborpraxis, im Übrigen gibt er offen zu, dass Schutzmaßnahmen *"halbherzig"* angewendet werden, und mit *"wenig Selbstschutz"* vor allem im Kleinmengenbereich. Aufgrund der ganz verschiedenen eingesetzten Nanomaterialien schätzt er die damit verbundenen potenziellen Risiken als sehr unterschiedlich ein, aber generell als niedrig, da nur mit mit geringen Mengen gearbeitet wird.

### **Fallstudie 4**

Das Unternehmen ist ein KMU mit 230 MitarbeiterInnen in der besuchten Arbeitsstätte. Es wurde als Tochterfirma eines deutschen Unternehmens gegründet, ist aber seit 2007 eigenständiges Unternehmen innerhalb einer Industrieholding, die weltweit in zehn Ländern insgesamt 920 Beschäftigte hat.

Es ist auf technische Folien aller Art spezialisiert, einschließlich spezieller Folien für Elektronik und Sicherheitsanwendungen (z. B. Geldscheine). Dafür werden auch Nanomaterialien eingesetzt, und zwar Nano-Lacke. Es ist geplant, künftig auch selbst Nanomaterialien herzustellen.

Der besuchte Betrieb ist gleichzeitig F&E Kompetenzzentrum und Produktionsstandort. Das Unternehmen arbeitete am Verbundprojekt NSI (Nanostructured Surfaces and Interfaces) mit, und ist derzeit am Photonics Verbundprojekt PLATON (Advanced Technologies for Optical Nanostructures) der Österreichischen Nano-Initiative beteiligt.

Das Gespräch wurde mit dem Leiter für Forschung & Entwicklung und dem betreuenden Arbeitsmediziner geführt. Nano war bisher kein Thema, dürfte aufgrund der derzeitigen Verwendung hier auch nicht mit besonderen Risiken verbunden sein. Der Betrieb ist bezüglich Sicherheit und Gesundheit sehr engagiert: "Kein Profit ist es wert, dass ein Mitarbeiter zu Schaden kommt" Er besitzt auch ausführliche entsprechende Unternehmensleitlinien. Sie beinhalten z. B.:

- Produktivität ist im Zweifelsfall der Arbeitssicherheit unterzuordnen;
- Arbeitssicherheit ist als Aufgabe der Führungskräfte definiert, die für das Umsetzen der Gesundheits- und Arbeitssicherheitspolitik der Firma verantwortlich sind;
- regelmäßige Überprüfung der Gesundheits- und Arbeitssicherheitsziele durch das Management und Berichterlegung an die Geschäftsführung.

## Fallstudie 5

Der Dienstleistungsbetrieb im Friseurgewerbe hat an zwei Standorten zwischen 20 und 50. Er wendet ein, in Spanien entwickeltes Verfahren zu strukturellen Verbesserung von Haaren an, bei dem laut Werbung Nanomaterialien verwendet werden, und zwar werden Mischungen mit ihnen nach Durchlaufen eines am Gürtel getragenen Apparates aufgesprüht.

Es ist der einzige Betrieb in den Fallstudien, der Nanomaterialien nur anwendet, aber weder selbst herstellt, noch Produkte mit Nanomaterialien erzeugt.

Das Gespräch erfolgte mit dem Inhaber und Geschäftsführer, der die genannte "Nanomax"-Anwendung auch selbst durchführt(e).

Über Inhaltsstoffe der Anwendung weiß er nicht Bescheid, dementsprechend werden auch keine speziellen Schutzmaßnahmen ergriffen. Dennoch versichert er in einem Zeitungsartikel vom November 2009, dass die Behandlung "*bedenkenlos*" sei.

## Fallstudie 6

Die Holding hat in der besuchten Arbeitsstätte zwischen 100 und 250 MitarbeiterInnen, an den zwei österreichischen Standorten insgesamt 350 Beschäftigte, und drei weitere Standorte in der Schweiz und in Tschechien. Die Holding ist selbst wiederum Teil einer größeren Unternehmensgruppe.

Das Unternehmen ist auf die Erzeugung hochqualitativer Keramik-Erzeugnisse im Sanitärbereich spezialisiert. Dafür werden auch nanohaltige Gemische zur Behandlung der Oberflächen eingesetzt, um eine leichtere Reinigung und spezielle Glasur-effekte zu ermöglichen. Der Betrieb ist Anwender von Nanomaterialien und erzeugt mit ihnen beschichtete Produkte. Nächstes Jahr soll auf eine Produktion ohne Nanomaterialien umgestellt werden.

Das Gespräch wurde mit dem Verantwortlichen für Instandhaltung und Wartung geführt, der gleichzeitig Sicherheitskraft ist. Er ist bezüglich Sicherheit und Gesundheit sehr engagiert und beschäftigt sich eingehend mit der Optimierung einer sicheren Nano-Anwendung, arbeitete auch selbst am betroffenen Arbeitsplatz, um Erfahrungen zu sammeln. Der Betrieb ist bereit, auch größere Schutzmaßnahmen als vielleicht erforderlich einzusetzen, weil Angaben vom Lieferanten nicht ausreichend sind.

## Fallstudie 7

Das Unternehmen beschäftigt in der besuchten Arbeitsstätte ca. 400 ArbeitnehmerInnen, insgesamt weltweit 805 MitarbeiterInnen. Weitere Produktionsstandorte befinden sich in Brasilien, China, Kanada, Mexiko, den USA und Vietnam.

Es stieg als eines der ersten Unternehmen in die Pulverlack-Technologie ein und ist derzeit angeblich der sechstgrößte Pulverlackhersteller der Welt. Die Entwicklung und Herstellung von duroplastischen Pulverbeschichtungen ist Kernstück der Produktion.

Bei der Erzeugung von Pulverlacken ist der Betrieb auch Anwender von zugekauften Nanomaterialien. In einem anderen Produktionszweig werden Druckertinten hergestellt, wofür selbst Nanomaterialien erzeugt werden. In einer weiteren Spezialanwendung entstehen Nanomaterialien bei Glasbeschichtungen bei Anwendung durch den Kunden.

Das Unternehmen ist intensiv in Forschung & Entwicklung tätig. Derzeit ist es beispielsweise z. B. am Verbundprojekt NSI (Nanostructured Surfaces and Interfaces) der Österreichischen Nano-Initiative beteiligt.

Das Gespräch erfolgte mit dem Verantwortlichen für Forschung & Entwicklung, der sich in Bezug auf nanotechnologische Entwicklungen und Trends, international und in Österreich, gut auskennt und öfters bei entsprechenden Veranstaltungen auftritt.

## 4. Auswertung

### 4.1 Nanoproduktion in Österreich

#### Die Nanoproduktion in Österreich ist schwierig zu erfassen

Ohne spezifische Kontakte war es in den Unternehmen häufig nicht leicht eine kompetente Person zu finden, die überhaupt sagen konnte/wollte, ob es eine Nano-Produktion gibt. Eine Ausnahme sind Firmen, die den Begriff "Nano" offensiv z. B. als Werbeträger in der Öffentlichkeitsarbeit verwenden. Auch Recherchen auf den Websites ist in der Regel nichts Klares zu entnehmen. Sogar PräventivexpertInnen konnten meist nicht direkt Auskunft geben, mussten selbst erst im Betrieb ermitteln. Vor allem war oft nicht von vornherein bekannt, ob sich ein Unternehmen erst in Forschung & Entwicklung mit Nano beschäftigt, oder bereits z. B. in Kleinmengen produziert.

Manche Unternehmen verstanden unter "Nano-Produktion" lediglich die Herstellung primärer Nanomaterialien, nicht deren Weiterverarbeitung. In einigen Fällen war hier eine intensive Erklärung des Vorhabens notwendig. Bei den in Kap. 3 skizzierten Vorrecherchen bezüglich in Frage kommender Betriebe z. B. über Präventiv-expertInnen können solche Betriebe fälschlich bereits aus dem Sample gefallen sein, bevor ein näherer Kontakt aufgenommen wurde. In einem Fall, in dem eine Firma Nanomaterialien in Arbeitsstoffen verwendete, wurde eine Teilnahme mit dem Argument versagt, *"Das bekommen wir ja schon fertig als Dispersion geliefert."* Bei Interviews mit, aus welchen Gründen auch immer sehr "unwilligen" Unternehmen sind allerdings ohnehin keine sinnvollen Ergebnisse zu erwarten.

Für einige wirtschaftliche Bereiche wurde in Interviews von "Geheimniskrämerei" berichtet. In anderen Branchen, z. B. Kosmetika, Nahrungsmittel und teilweise auch Kunststoff, wird laut InterviewpartnerInnen der Begriff "Nano" nach außen völlig ausgeblendet, da negative Kundenreaktionen befürchtet werden. In einem Fall wurde erzählt, dass dies sogar der Fall war, wenn es nur um besonders gut haltbare Beschriftungen auf Gebinden ging: *"Sagen sie bloß nichts mit Nano!"* Als Konsequenz kommuniziert hier der Nano-Lieferant im Vertriebskontakt nur über Produkteigenschaften.

Solange es keine, nicht einmal teilweisen Verzeichnisse von Nano-Unternehmen gibt, werden Untersuchungen wie die vorliegende aufwändig sein. In einer früheren Studie aus Österreich wird ebenfalls eine quantitative Erfassung des IST-Standes als wünschenswert bezeichnet (Joanneum, o.J.). Dies ist kein speziell österreichisches Problem, denn auch in den meisten der nachstehend angeführten Studien wird explizit auf die großen Schwierigkeiten hingewiesen, Einrichtungen und Unternehmen zu erfassen, die im Nano-Bereich aktiv sind.

## **Das Ausmaß der Nanoproduktion in Österreich ist relativ gering**

Darauf weisen etwa Erfahrungen von einer sehr gut besuchten VÖSI-Fachtagung 2009 hin, bei der ein Vortrag des Verfassers zum Thema "Nano bei der Arbeit" mit Interesse aufgenommen wurde: Auch ein Aufruf an die Sicherheitsfachkräfte, in den eigenen Betrieben in Bezug auf Nano-Produktion zu recherchieren und sich an dieser Vorstudie zu beteiligen, brachte jedoch kein einziges Unternehmen für die Fallstudien.

Bei weiteren Kontakten mit TeilnehmerInnen der Fachtagung zeigte sich, dass es keine Nano-Produktion gab. Es entstand zudem der Eindruck, dass in Firmen mit mehreren Arbeitsstätten die eine Niederlassung nicht wusste, womit die andere arbeitet. Ein Beispiel zur Verdeutlichung: Eine Sicherheitsfachkraft wurde erst durch das Referat angeregt, im eigenen sehr bekannten, mittelgroßen metallverarbeitenden Unternehmen entsprechende Nachforschungen auch in den drei anderen Standorten zu betreiben.

In Österreich dürfte die Nano-Produktion (noch) keine sehr große Rolle spielen, abgesehen von Oberflächenbehandlung im weitesten Sinne, von Lacken bis zur Veredelung von Metall- und Kunststoff-Oberflächen. Dies gilt besonders für Nanomaterialien zur Weiterverarbeitung, die zumeist importiert werden, wie aber auch viele Nano-Produkte. Derzeit sind viele Unternehmen im Bereich "Nano" noch im Stadium von Forschung & Entwicklung.

Ein ähnliches Bild zeigt sich auch in anderen europäischen Staaten, z. B. in den Niederlanden oder in Dänemark. In der Schweiz sind in den meisten Branchen Nanopartikel ebenfalls nur wenig verbreitet, und insgesamt weniger als ein Prozent aller Unternehmen, nämlich ca. 600, arbeiten mit Nanomaterialien (Schmid/Danuser/Riediker, 2008).

## **Die Analyse der Fallstudien und die Diskussion der Ergebnisse und Erkenntnisse geschah im Vergleich zu ähnlichen Untersuchungen**

- Eine Studie aus den USA befragte bei regional unterschiedlicher Antwortquote ausgewählte Betriebe und Labors aus aller Welt, die Nanomaterialien gebrauchen, mittels telefonischer Interviews entlang eines Fragebogens. Die selbst berichteten Praktiken wurden nicht unabhängig verifiziert, z. B. mittels Betriebsbegehungen (Holden et al., 2008; Gerritzen et al., 2006).
- Die bisher einzige Untersuchung in Österreich mit Bezug zum vorliegenden Themenfeld wurde vor drei Jahren von Joanneum Research, in Zusammenarbeit mit BioNanoNet, NANONET - Styria und Polymer Competence Center Leoben durchgeführt. Hier wurden acht Firmen aus den Bereichen Metallproduktion und -verarbeitung, sowie Erzeugung von Kunststoffen oder Additiven über persönliche Kontakte ausgesucht (Joanneum, o.J.).

- Nur mit Einschränkungen zu einem Vergleich heranziehbar ist die, im Jahr 2006 von BAuA und VCI gemeinsam durchgeführte Fragebogenaktion<sup>5</sup>, bei der sich von 656 angeschriebenen Betrieben 217 beteiligten, von denen 21 % (weniger als 50) angaben, Nanomaterialien zu handhaben. Die Rücklaufquote war befriedigend, es gab aber ebenfalls keine Überprüfung der Angaben vor Ort (Pitzko/Gierke, 2007).
- An einer dänischen Fragebogenstudie gaben, bei schlechter Rücklaufquote, letztlich nur 16 Unternehmen an, Nanomaterialien zu handhaben. Die Angaben wurden in den Betrieben verifiziert (Tønning/Poulsen, 2007).
- In einer niederländischen Untersuchung wurden 122 Unternehmen und Forschungseinrichtungen (keine vollständige Erfassung) kontaktiert, von denen 60 in die engere Wahl kamen. Bei einer sehr guten Rücklaufquote nahmen 37 von ihnen an der Befragung teil und wurden auch besucht, davon über zwei Drittel Unternehmen, die jedoch nicht alle bereits im Stadium der Produktion waren (Borm et al., 2008)
- Das Nano-Inventory-Projekt in der Schweiz ging zweistufig vor: In einer Pilotstudie wurden ca. 200, mittels Literatur und Suche in Schweizer Websites ermittelte Unternehmen telefonisch interviewt, von denen 44 Nano-Betriebe waren; dies brachte ein qualitatives Bild der Nano-Produktion und Nano-Anwendung (Schmid/Riediker, 2008). Die Hauptstudie war eine quantitative Mail-Erhebung mittels eines Fragebogens an eine repräsentative Auswahl von über 1.600 Unternehmen, bei guter Antwortquote (Schmid/Danuser/Riediker, 2008).

## 4.2 Unternehmensprofil

Die vorliegende Studie konzentriert sich auf die Erzeugung von Nanomaterialien bzw. auf deren Weiterverarbeitung zu Produkten mit Nanomaterialien. Unter "Nanomaterialien" wird dabei verstanden:

- nanostrukturierte Materialien, oder
- Nano-Objekte, d. h. Materialien, die in ein, zwei oder drei räumlichen Dimensionen im nanoskaligen Bereich sind (zwischen ca. 1 nm bis 100 nm)<sup>6</sup>.

"Produkte mit Nanomaterialien" sind entsprechende Gemische (Zubereitungen) und Erzeugnisse wie Werkzeuge aus Hartmetall mit nanostrukturierten Beschichtungen.

---

<sup>5</sup> Die BAuA/VCI-Untersuchung zielte auf mögliche inhalative Expositionen und schloss Arbeiten mit Suspensionen, Pasten oder Kompositen aus. Sie berücksichtigte außerdem nur Unternehmen mit einer jährlichen Produktions- bzw. Verwendungsmenge von mehr als 10 kg Nanomaterialien.

<sup>6</sup> Im Metallsektor reicht, nach dem Deutschen Fachverband Pulvermetallurgie, der Nano-Bereich bis ca. 200 Nanometer.

## Betriebsgröße

Unter den besuchten und interviewten Betrieben waren verschiedenste Betriebsgrößen vertreten, wie die folgende Abbildung zeigt.

Beschäftigtengrößenklassen	Zahl der Arbeitsstätten	Zahl der Unternehmen
< 20	2	2
21-50	1	1
101-250	2	–
251-500	1	–
> 500	1	4

Zahl der an den Fallstudien beteiligten Unternehmen nach Beschäftigtengrößenklassen; für untersuchte Arbeitsstätte bzw. für das gesamte Unternehmen (n = 7)

Für die gesamten Unternehmen ergibt sich bei den Beschäftigtengrößenklassen jeweils eine Häufung bei kleinen und sehr großen Firmen. Wesentlich für diese Untersuchung ist aber die ausreichend gleichmäßige Verteilung nach Betrieben, da Arbeitsstätten die Untersuchungseinheit darstellten.

## Unternehmensleitlinien

Die Größen der gesamten Unternehmen wurden unter anderem abgefragt, um etwaige Zusammenhänge mit dem Informationsniveau oder mit der Qualität des Risikomanagements aufzeigen zu können. Hier konnten keine Rückschlüsse gezogen werden. Viel entscheidender dürfte dafür das Vorhandensein von innerbetrieblichen Grundsätzen sein, die sich auf Arbeitssicherheit beziehen.

Nur eines der untersuchten Unternehmen besitzt solche veröffentlichten Leitlinien, ein KMU in Familienbesitz. Seine Leitlinien sind an einem Vorsorgeprinzip orientiert und sehr ausführlich. Die Erfüllung der Gesundheits- und Arbeitssicherheitsziele ist regelmäßig vom Management zu überprüfen und an die Geschäftsführung zu berichten. Im Interview wurde berichtet, *"Arbeitsschutz immer der erste Punkt in den Leitungssitzungen"* bzw. *"Kein Profit ist es wert, dass ein Mitarbeiter zu Schaden kommt, ist unser Motto"*. Diese Grundsätze sollen auch beim geplanten Ausbau der Nano-Produktion leitend sein.

In einigen weiteren untersuchten Betrieben sind indirekte Strategien für den Umgang mit Nano vorhanden, zwar nicht explizit ausgedrückt, aber unter anderem aus der Art des Risikomanagements ersichtlich (siehe Pkt. 4.6). Sie drücken sich beispielsweise in der präventiven Auswahl bestimmter Nanomaterialien bzw. in der Auswahl der physikalischen Form von Nanopartikeln aus.

Auch von den Niederlanden wird berichtet, dass fast ein Viertel der untersuchten Unternehmen eine implizite, allerdings sehr unterschiedliche spezifische Politik für den Umgang mit Nanopartikeln besitzt. (Borm et al., 2008)

## Branchen und Nano-Geschäftsfelder

Die Fallstudien umfassen Betriebe aus den **Branchen bzw. Geschäftsfeldern** Metall, Chemie, Lacke, Oberflächen, Kunststoff, Druck, Verpackung, Keramik und Sanitärtechnik<sup>7</sup>.

Ein Betrieb aus dem Friseurgewerbe wurde besucht, um Einblick in die unterste Stufe der Lieferkette zu bekommen .

Unternehmen aus den Branchen Nahrung und Kosmetika wären für Fallstudien auch interessant gewesen, hier fand sich jedoch kein Betrieb zur Teilnahme; beide Branchen sind in Bezug auf die Wahrnehmung durch KonsumentInnen sehr heikle Wirtschaftsbereiche. Ein in Frage kommender Papierbetrieb befasste sich mit Beschichtungen, zu denen es bereits einige Interviews gab.

Oberflächen- und Beschichtungstechnologien sind in den Fallstudien stark vertreten und dürften die häufigste Nano-Nutzungen in Österreich darstellen. Ähnliches wird für die Niederlande (Borm et al., 2008) oder die Schweiz (Schmid/Danuser/Riediker, 2008) festgestellt.

Handel, sowie Forschung & Entwicklung wurden wunschgemäß nicht betrachtet. Forschung & Entwicklung von Unternehmen (nicht von universitären und außerwirtschaftlichen Forschungseinrichtungen) hätte jedoch interessante Hinweise bringen können, ist häufig auch eng verbunden mit Probe-Produktionsläufen z. B. von Kleinmengen. Sie wurden bei den meisten zitierten internationalen Untersuchungen mit eingeschlossen.

Die **Produkte** der untersuchten Betriebe waren entsprechend vielfältig:

- Polymere Verbundwerkstoffe, Kunststoff-Additive, mit Additiven gefüllte Kunststoffe (Compounds und Masterbatches);
- Pulverlacke, Lack-Spezialbeschichtungen;
- Druckertinte;
- Bad- und Duschkeramik (Waschtischen, Wannen, WCs, Bidets, ...);
- Beschichtungen (Veredelung) von Metall;
- beschichtete Werkzeuge und andere Erzeugnisse;
- Beschichtung (Veredelung) von Kunststoff;
- technische Folien, Beschichtung von Folien;
- Dienstleistung Haarpflege ("Reparatur" etc. beschädigten Haares).

---

<sup>7</sup> Bez. der verschiedenen, in den Betrieben vorhandenen Nanomaterialien siehe Pkt. 4.3.

Und ebenso vielfältig sind die **Anwendungsfelder der Kunden** der (Produkte mit) Nanomaterialien, z. B.:

- Kunststoffindustrie;
- Halbleiterindustrie;
- Elektronikindustrie;
- Metallindustrie / metallverarbeitende Industrie;
- Kfz-Industrie;
- Medizintechnik;
- Sanitärhandel;
- Selbstklebeindustrie;
- Sicherheitsanwendungen;
- Druckertinte;
- Halbzeuge (vorgefertigte Rohmaterialformen).

### Nano-Aktivitäten im Betrieb

Im Schnitt setzen die untersuchten Betriebe seit drei bis vier Jahren Nano-Aktivitäten, produzieren bzw. verwenden Nanomaterialien und/oder Produkte mit Nanomaterialien.

In einigen Produktionsbereichen, z. B. bei vielen Oberflächenanwendungen, wird bereits seit längerem mit nanoskaligen oder nahezu vergleichbaren Materialien gearbeitet, ohne dass es "Nano" hiess. *"Das sind teilweise in Wirklichkeit oft alte Hüte"*, wie es ein Interviewpartner ausdrückte.

Zu den wichtigen Charakteristika von Nano-produzierenden Unternehmen gehört auch ihr Platz in der Lieferkette. Es wurde ermittelt, ob die untersuchten Betriebe Nanomaterialien bzw. Produkte mit Nanomaterialien herstellen, sie in der Produktion verwenden, oder ob sie Nanomaterialien in Forschung & Entwicklung handhaben (siehe nachstehende Abbildung).

<i>Nano-Aktivitäten</i>	<i>Zahl der Unternehmen</i>
Herstellung von Nanomaterialien	3
Verwendung von (Produkten mit) Nanomaterialien in der Produktion	6
Herstellung von (Produkten mit) Nanomaterialien	6
Verwendung von (Produkten mit) Nanomaterialien in Forschung & Entwicklung	5

Häufigkeit von Nano-Aktivitäten in den Unternehmen der Fallstudien (n = 7; Mehrfachnennungen möglich)

Ein in den Fallstudien untersuchter Betrieb ist reiner Anwender von Nanomaterialien und verarbeitet sie nicht weiter. Drei Betriebe wenden eingekaufte Nanomaterialien an, um Produkte mit Nanomaterialien zu erzeugen.

In den Fallstudien gibt es keinen einzigen reinen Hersteller von Nanomaterialien. Bei den drei Nanomaterialien-Produzenten gibt es zwei Varianten: Einer stellt Nanomaterialien her, die er sowohl in Verkehr bringt, als auch selbst weiterverarbeitet, in den anderen dieser Betriebe erfolgt ausschließlich eine Weiterverwendung zur Herstellung von Produkten mit Nanomaterialien im Betrieb selbst. (Ein weiteres Unternehmen plant, mittelfristig selbst Nanomaterialien herzustellen.)

In der überwiegenden Zahl der Fallstudien waren die besuchten Betriebe auch in Nano-Forschung & -Entwicklung aktiv, arbeiteten in den Labors etc. mit Nanomaterialien.

Von den, Nanomaterialien bzw. Produkte mit Nanomaterialien verwendenden Betrieben wurde eine breite Palette von **Bezugsquellen** genannt. Teils gab es hier nur sehr allgemeine Antworten, wegen der vielen Bezugsquellen wäre eine genaue Auskunft manchmal auch sehr aufwändig gewesen: *"Die üblichen Lacklieferanten aus Österreich", "Schleifmittelhersteller", "von großen Erzeugern wie Evonik bis zu kleinen wie ein Institut in Frankfurt"*.

Speziell erwähnt wurden z. B. neben Evonik auch BASF, Nanogate und Keraplast, die alle ausländische Unternehmen sind.

Auf Probleme mit Bezugsquellen wird später noch detaillierter bei der Diskussion von Informationsquellen eingegangen (siehe Pkt. 4.7).

#### **Fazit:**

Die Fallstudien bilden in Hinblick auf Unternehmensgröße, Branchen bzw. Geschäftsfelder, Nano-Aktivitäten und gehandhabte Nanomaterialien ein breites und für die Erreichung der Studienziele ausreichend charakteristisches Spektrum der österreichischen Nano-Produktion ab. Oberflächen- und Beschichtungstechnologien im weitesten Sinn dürften die häufigsten Nano-Anwendungen in Österreich sein.

Nano-Aktivitäten werden im Schnitt seit drei bis vier Jahren durchgeführt. Drei Unternehmen erzeugen Nanomaterialien. Sie stellen jedoch ebenfalls Produkte mit Nanomaterialien her, wie die anderen zugekaufte Nanomaterialien verwendenden Betriebe (der Gewerbebetrieb ausgenommen). Fast alle Unternehmen arbeiten in Forschung & Entwicklung mit Nanomaterialien.

Leitlinien, die sich explizit und detailliert mit Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit befassen, gibt es nur in einem Unternehmen.

## 4.3 Nanomaterialien

### Mengen

Die Nano-Produktion steht in Österreich in vielen wirtschaftlichen Bereichen erst am Beginn. Darauf weist die in der folgenden Abbildung gezeigte Verbrauchs- bzw. Produktionsmenge an Nanomaterialien hin, insbesondere wenn sie in Relation zu andern Ländern gesehen wird.

<i>Menge an Nanomaterialien</i>	<i>Zahl der Unternehmen</i>
bis 100 kg	3
100kg bis weniger als 1 Tonne	3
1 Tonne bis weniger als 10 Tonnen	–
10 Tonnen bis weniger als 100 Tonnen	1
100 Tonnen bis weniger als 1000 Tonnen	–
mehr als 1000 Tonnen	–

Häufigkeit der Menge der verbrauchten bzw. produzierten Nanomaterialien in den Unternehmen der Fallstudien (n = 7; Mehrfachnennungen möglich)

Dabei handelt es sich um Schätzungen der Interviewpartner, wobei nach der Gesamtmenge aller Nanomaterialien pro Jahr und Arbeitsstätte gefragt wurde. Die Berechnung des Nano-Anteils an den jeweiligen Gemischen (Zubereitungen) oder nano-beschichteten Erzeugnissen erwies sich als ebenso schwierig wie etwa das Addieren sehr geringer, aber zahlreicher Verbrauchsmengen.

Die größten Verbrauchsmengen weist, im vorliegenden Fallstudienpektrum wenig erstaunlich, der Lackhersteller auf (ca. 60 Tonnen / Jahr).

Das Spektrum der ermittelten Größenordnungen ist plausibel: Vor einigen Jahren spannte sich der noch etwas geringere Bedarf an nanostrukturierten Materialien in Österreich von ein paar wenigen bis etwa 100 kg pro Jahr, vorsichtige Mengenabschätzung für die Folgejahre reichten damals von jährlich rund 100 kg über wenige Tonnen bis zu etwa 100 Tonnen (Joanneum, o.J.).

Durchaus mit den nun erhobenen Zahlen vergleichbar, wurde in der Schweiz eine mittlere Menge an gehandhabten Nanomaterialien von 100 kg/Jahr ermittelt (Schmid/Riediker, 2008).

## Arten und Grundmaterialien

Als verwendete bzw. hergestellte **Arten** von Nanomaterialien werden in den Fallstudien meist Nanopulver und (kolloidale) Nano-Dispersionen genannt, aber auch Nanoröhrchen bzw. Nanofasern, sowie nano-kristalline metallische Beschichtungen.

In der früheren österreichischen Studie gaben die Befragten mehrheitlich Nanomaterialien in Pulverform, Agglomeraten oder Dispersion an (Joanneum, o.J.).

Aus der Schweiz wurde berichtet, dass ein etwas höherer Anteil an flüssigen als an pulverförmigen Anwendungen festzustellen war (Schmid/Riediker, 2008). Ähnliches dürfte auch für Österreich zutreffen, kann jedoch nicht aus den Fallstudien bestätigt werden.

Als **Grundmaterial** der gehandhabten Nanomaterialien findet sich öfters Titandioxid und Kohlenstoff (Industrieruß / Carbon Black, Diamantsplitter in verschiedenen Formen, Graphit), weiters auch Zinkoxid, Kieselsäuren und Silikate, metallische Carbonitride und Nitride (Titan, Chrom, Aluminium und Aluminiumoxid), Carbide (z. B. Silizium), sowie Aminosäuren.

Ein Betrieb verwendete früher Aerosile (pyrogene Kieselsäuren, Mischoxide und Metalloxide), die sich jedoch in der Anwendung nicht bewährt hätten.

Einige Anwender von Gemischen (Zubereitungen) konnten die Frage nach den Grundmaterialien ihrer Nanomaterialien nicht beantworten: Es gebe zwar noch weitere in den Nano-Lacken, aber es sei *"nicht bekannt, welche, das steht auch nicht in den Sicherheitsdatenblättern!* Die Hersteller bzw. Lieferanten lieferten diesbezüglich gar keine Angaben.

Zum Vergleich sind die Ergebnisse anderer Untersuchungen angeführt:

- Österreich: Metalloxide und Metallcarbide, organische Clays und gefällte Kreide, vereinzelt auch Kobalt und Nickel in elementarer Form, Ruß wurden verwendet (Joanneum, o.J.).
- Niederlande: Die größten Mengen (über 10 Tonnen / Jahr) wiesen Carbon Black, Kieselsäuren und Aluminiumoxid auf. Andere wie Kohlenstoff-Nanoröhrchen, Silber und Eisenoxide wurden in wesentlich geringeren Mengen eingesetzt (Borm et al., 2008).
- Deutschland: Nach der BAuA/VCI-Untersuchung 2006 wurden Kieselsäuren und Titandioxid von Unternehmen, die nur ein Nanoprodukt herstellten, am häufigsten erzeugt, eingesetzt oder bearbeitet, gefolgt von Eisenoxid, anderen Metallpulvern, Silikaten und pharmazeutischen Wirkstoffen (Pitzko/Gierke, 2007; siehe Anmerkung in Fußnote 5).
- Schweiz: Rund 20 verschiedene Grundmaterialien von Nanopartikeln wurden von den Unternehmen gehandhabt, überwiegend Kieselsäuren und Titandioxid. Weitere Grundmaterialien waren z. B. Silber, Aluminiumoxid, Eisenoxid, Zinkoxid und Carbon Black (Schmid/Riediker, 2008).

## Primärteilchengröße

Vier der sieben untersuchten Betriebe, darunter alle Produzenten von Nanomaterialien, jedoch nur ein Anwender im engeren Sinn, konnten über die Größe der Primärteilchen Auskunft geben:

<i>Primärteilchengröße</i>	<i>Zahl der Unternehmen</i>
unter 20 nm	3
21 bis 50 nm	2
51 bis 100 nm	1
über 100 nm	3

Häufigkeit der Primärteilchengröße der eingesetzten Nanomaterialien in den Unternehmen der Fallstudien (n = 4; Mehrfachnennungen möglich)

Unter 20 nm große Nanomaterialien finden sich in Pulverlacken und bei Kohlenstoff-Nanoröhrchen (CNR). In nanokristallinen metallischen Composit-Schichten sind Kristallit-Größen von ca 20 bis 40 nm, meist rund 20 nm. Größere Nanomaterialien weisen Kohlenstoff-Nanofasern (CNF, 80 bis 200 nm) und Druckertinte (200 nm) auf. Der CNT und CNF handhabende Betrieb wies auf das generell starke Aggregationsverhalten<sup>8</sup> hin.

Die anderen besuchten Anwenderbetriebe wussten die Teilchengröße nicht. Sie erhielten von ihren Lieferanten keine diesbezüglichen Hinweise. Darauf wird später noch genauer eingegangen (siehe Pkt. 4.7).

Nach der früheren österreichischen Studie gab es bei den Pulvern deutliche Unterschiede, die Korngröße reichte von 20 bis 200 nm (Joanneum, o.J.). In Deutschland wurde der Bereich von 20 bis 50 nm für die Primärteilchengröße am häufigsten genannt (Plitzko/Gierke, 2007; siehe Anmerkung in Fußnote 5). In der Schweiz waren die Größenverteilungen der Nanomaterialien zumeist unbekannt (Schmid/Riediker, 2008).

In einer deutschen Nano-Broschüre für die Lack- und Farbenbranche wird übrigens empfohlen, bei der Herstellung und Anwendung von Nanomaterialien eine weite Definition der Materialien zugrunde zu legen, *"die weniger die Größe der Nanomaterialien als deren größenabhängige Eigenschaftsänderung und die damit verbundenen Risiken berücksichtigt."* (Hessen Nanotech, 2009). Ähnlich äußerte sich auch ein Interviewpartner aus einer Pulverlackherzeugung.

---

<sup>8</sup> Bei Partikeln ist allgemein zwischen Primärteilchen (Grundbaustein größerer Einheiten) und Agglomeraten sowie Aggregaten zu unterscheiden.

**Fazit:**

In den meisten österreichischen Branchen ist die Nano-Produktion erst am Anfang, wie auch die niedrige Verbrauchs- bzw. Produktionsmenge an Nanomaterialien zeigt. Viele Unternehmen stehen im Bereich "Nano" noch im Stadium von Forschung & Entwicklung.

In den Fallstudien werden meistens Nanopulver und Nano-Dispersionen als verwendete bzw. hergestellte Arten von Nanomaterialien angeführt.

Grundmaterialien der Nanomaterialien im Betrieb sind häufig Titandioxid und Kohlenstoff (Carbon Black, Diamant, Graphit), aber auch Zinkoxid, Kieselsäuren und Silikate, metallische Carbonitride und Nitride, Carbide, sowie Keratine. Manche Nano-Anwender wissen das Grundmaterial ihrer Nanomaterialien aufgrund fehlender Angaben der Lieferanten nicht.

Nano-Produzenten kennen die Größe der Nanopartikel, es zeigt sich ein breites Größenspektrum. Nano-Anwendern ist die Partikelgröße jedoch zumeist nicht bekannt.

## 4.4 Arbeit mit Nanomaterialien

Nach derzeitigen Wissensstand sind im Umgang mit Nanomaterialien freie unlösliche bzw. schwer lösliche Nanoteilchen besonders zu beachten, aber auch potenziell besonders bioaktive Substanzen wie Fullerene und Kohlenstoff-Nanoröhrchen. An den Arbeitsplätzen dürfte Inhalation von Nanomaterialien der relevanteste Aufnahmeweg in den Körper sein, der Stellenwert dermalen Aufnahme ist umstritten.

Nanopartikel, die fest in/an einer Matrix gebunden sind oder zu unbedenklichen Substanzen abgebaut werden können, stellen wahrscheinlich kein oder nur ein geringes Risiko dar. So werden von ExpertInnen die inhalativen Risiken für die menschliche Gesundheit mehrheitlich als eher gering eingeschätzt, wenn sich z. B. die Nanomaterialien in einer Flüssigkeit wie Lack oder später in einer ausgehärteten Oberflächenbeschichtung befinden (NanoKommission, 2008).

Wie generell bei chemischen Arbeitsstoffen, dürfen Arbeitsvorgänge "außer der Norm" nicht übersehen werden, beispielsweise Probenahme, Instandhaltung und Wartung, oder Reinigung.

## Herstellungs- und Verwendungsform

Wie die erste der folgenden Abbildungen zeigt, überwiegen bei den verwendeten bzw. hergestellten Nanomaterialien Suspensionen: Die Anwenderbetriebe von Nanomaterialien setzen zur Gänze verschiedenste Suspensionen ein (in Wasser, Lösungsmittelgemischen etc.).

Nano-Stäube und Einbindung in/an eine Matrix kommen bei den Herstellerbetrieben von Nanomaterialien vor, von Kohlenstoff-Nanoröhrchen (CNR) und -fasern (CNF) bzw. metallischen nanokristallinen Kompositschichten. Aerosole dürften im Friseurbetrieb eine Rolle spielen.

<i>Anwendungs-/Herstellungsform</i>	<i>Zahl der Unternehmen</i>
(frei bewegliche) Pulver, Stäube	2
Aerosole	1
Suspensionen	6
Stabile Matrix	1

Häufigkeit der Form, in der Nanomaterialien in den Unternehmen der Fallstudien bei der Herstellung / Verwendung vorliegen (n = 7; Mehrfachnennungen möglich)

Bei den Nanoprodukten und Nanoerzeugnissen sind die Nanomaterialien immer in einer Matrix gebunden:

- in Pulverlacken in einem Gemisch aus Epoxid- oder Polyesterharzen, Härter, Pigmenten, Additiven und Füllstoffen;
- in Druckertinte in einem Gemisch aus Farbstoff, Konservierer, Feuchthaltemittel, Verdickungsmittel, Tensiden, Bioziden und Wasser oder Lösungsmittel;
- CNR und CNF als Füllstoff in staubfreien Compounds und Masterbatches (Thermoplaste);
- in verschiedenen nano-strukturierten Hartstoffschichten (Carbonitride, Nitride): z. B. nach CVD-Verfahren TiCN-Anbindungsschicht mit TiCN-Schicht ("Nanolock") und mit  $\kappa$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Beschichtung (hitzebeständige Keramikschicht); nach PVD-Verfahren nanokristalline Schichten aus AlTiN oder AlCrN bzw. Nanolayers (Nanokompositschichten, Viellagen-Schichtsysteme mit Nano-Struktur und "übergeordnetem Kristallgitter");
- in unterschiedlichen Kunststoff- und Metallbeschichtungen;
- in Folienbeschichtungen;
- auf Sanitär-Erzeugnissen.

<i>Produktform</i>	<i>Zahl der Unternehmen</i>
(frei bewegliche) Pulver, Stäube	1
Aerosole	–
Suspensionen	2
Stabile Matrix	4

Häufigkeit der Form, in der Nanomaterialien in den Unternehmen der Fallstudien in den Produkten vorliegen (n = 7; Mehrfachnennungen möglich)

Die vorliegende Studie hatte sich vorrangig mit der Produktion von (Produkten mit) Nanomaterialien zu befassen. Nur ein Betrieb, der sich am Ende der Lieferkette befindet, wurde besucht, die Nano-Anwendung durch KonsumentInnen völlig ausgeklammert. Über mögliche Freisetzungen von Nanomaterialien auf diesen Ebenen bzw. in die Umwelt kann nichts ausgesagt werden.

Nicht berücksichtigt wurde auch die innerbetriebliche Entsorgung, die bei einer umfassenderen Betrachtung ebenfalls zu betrachten wäre.

## Herstellungstechniken

Drei der besuchten Unternehmen erzeugen Nanomaterialien in vier unterschiedlichen technischen Verfahren. Gasphasenverfahren dominieren in den Fallstudien, während z. B. Sol-Gel- oder Fällungsverfahren nicht vorhanden waren.

<i>Techniken</i>	<i>Zahl der Unternehmen</i>
Mahlverfahren	1
Gasphasenverfahren	3
Sol-Gel-Verfahren	–
Fällungsverfahren	–
Nanolithographie und Nanoprint	–

Technische Verfahren zur Herstellung von Nanomaterialien in den beteiligten Unternehmen der Fallstudien (n = 3; Mehrfachnennungen möglich)

In den Fallstudien finden sich Mahlverfahren (ein mechanisch-physikalisches, Top Down-Verfahren) und Gasphasenverfahren (ein chemisch-physikalisches, Bottom-up-Verfahren), letztere in beiden Grundarten, nach denen sie unterschieden werden können, CVD und PVD.<sup>9</sup>

<sup>9</sup> Für eine Übersicht zu Herstellungsverfahren für Nanomaterialien, siehe Raab et al.(2008).

**CVD (Chemical Vapour Deposition):** Chemische Gasphasenabscheidung ist ein thermisches Beschichtungsverfahren, bei der an einer erhitzten Oberfläche mittels einer chemischen Reaktion aus der Gasphase eine Feststoffkomponente abgeschieden wird. Dies benötigt flüchtige Verbindungen der Schichtkomponenten, die bei einer bestimmten Reaktionstemperatur die feste Schicht abscheiden.

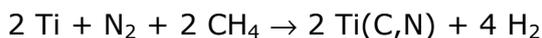
Im Hartmetallbetrieb wird hier mit Titan-tetrachlorid gearbeitet, am Beispiel der Abscheidung von Titancarbnitrid (jeweils 50% Titanitrid, 50% Titancarbid):



Im CNR/CNF-Betrieb wurde das CL-CCVD-Verfahren (Catalytic Chemical Vapor Deposition) entwickelt, die katalytische Ablagerung aus der Gasphase. Derzeit werden die, im Drehrohrofen hergestellten Kohlenstoff-Nanoröhrchen noch sehr feucht mit Emulsionen gewaschen und händisch abgefüllt. In naher Zukunft wird auf geschlossene und gänzlich vollautomatische Produktion umgestellt.

**PVD (Physical Vapour Deposition):** Physikalische Gasphasenabscheidung umfasst vakuumbasierte Beschichtungsverfahren, bei denen im Gegensatz zu CVD-Verfahren die Schicht direkt durch Kondensation eines Materialdampfes gebildet wird. Zuerst werden die schichtbildenden Teilchen als Gas (Dampf) erzeugt, dann wird der Dampf zum Beschichtungsobjekt (z. B. Fräswerkzeug) transportiert, auf dem er kondensiert.

Es gibt verschiedene Varianten, beim Hartmetallbetrieb wird Laserstrahl- oder Lichtbogenverdampfen angewendet. Wieder am Beispiel der Abscheidung von Titancarbnitrid (50% Titanitrid, 50% Titancarbid):



Im Produktionsschema ist derzeit nur der Beschichtungsschritt betroffen, was keine großen Prozessveränderungen erfordert (siehe folgende Abbildung). Falls in Zukunft eine Umstellung der Pulvermetallurgie auf Nano erfolgt, müsste der gesamte Produktionsablauf gänzlich neu organisiert werden, was sich derzeit für die Branche und ihre Unternehmen aber noch nicht rechnet.

Drittes, zur Erzeugung von Nanomaterialien zur Anwendung kommendes Verfahren ist ein **Mahlverfahren**: Bei der Erzeugung von Druckertinte werden Partikel in Mikrometergröße eingekauft, in Flüssigkeit dispergiert und rein mechanisch fein gemahlen. Für diesen Zweck stört es nicht, dass es zu einer breiten Partikelgrößenverteilung kommt. Damit können aber potenzielle Risiken ausgeschlossen werden, die mit dem Einkauf und Umgang von Nanostäuben verbunden sind.

## Verarbeitungstechniken

Bei der Erzeugung technischer Folien und beim Lohnbeschichter gibt es unterschiedliche Beschichtungsverfahren.

Bei der Produktion der **Pulverlacke** werden die Nanomaterialien als Flüssigkeit eingekauft und in festem Harz gebunden (Einbringen der Nanopartikel und Feinverteilung in flüssigem Medium). Alle Ausgangsmaterialien werden in einem Ansatzbehälter eingewogen, mittels eines Mischers homogenisiert und zur Dispergierung extrudiert, wobei die Harzteilechen aufgeschmolzen werden. Danach werden die Chips in ein Pulver mit definierten Kornspektren vermahlen, gesiebt und in die Gebinde abgefüllt.

Der Keramikbetrieb veredelt seine **keramischen Erzeugnisse** mit einer extrem dünnen Schicht aus Nanomaterialien mittels "Nanogate"-Technologie, um eine leichtere Reinigung und Effekt-Glasuren mit besonderem Glanz zu ermöglichen.

In einem früheren, Ende 2008 wegen starker Geruchsbildung eingestellten Verfahren wurde nach der Vorreinigung der Keramiken das Nanomaterial in eine Brennkammer eingedüst, und die Keramiken bei 260°C gebrannt.

Derzeit wird Nano-E2C 110 einem portionierenden Spender entnommen, händisch mit einem Tuch aufgetragen (Kabine mit Absaugung), nachpoliert, und die fertige Keramik verpackt.

Ab Mitte 2010 wird auf eine Oberflächenveredelung auf Glasurbasis ohne Nanomaterial umgestellt.

Im **Friseurbetrieb** werden die Haare mit einem normalem Shampoo (ohne Pflegezusatz) vorbehandelt, dann wird das Mittel nach Durchlaufen des "Nanomax"-Apparates auf die Haare aufgesprüht. Die technischen Details bleiben mangels näherer Angaben rätselhaft. Die Sicherheit kann daher nicht beurteilt werden.<sup>10</sup>

In einem Zeitungsartikel vom November 2009 wird festgestellt: *"Was genau im Nano-Cocktail ist, weiß niemand ..."*

Der lackerzeugende Betrieb bietet auch ein **Glasbeschichtungsverfahren** an, bei dem sich die Nanomaterialien bei der Anwendung durch die Kunden bilden: Das Glas wird mit destilliertem Wasser gewaschen, danach Pre-Treatment Serie 515 (organische Silizium-Verbindung) elektrostatisch mit Koronapistolen angewendet, wobei eine dünne homogene nano-skalige SiO<sub>2</sub>-Schicht abgeschieden wird.

---

<sup>10</sup> Vgl. IWK, 2008.

## Tätigkeitsprofil

Zur **Anzahl exponierter ArbeitnehmerInnen** gaben fast alle Befragten (alle Anwenderbetriebe) an, dass zwischen einem und zehn Arbeit mit der Anwendung von Nanomaterialien beschäftigt waren. Hier war die Fragenskalierung zu grob. Auf Nachfragen präzisierten drei weitere Betriebe, dass ein bis zwei, bzw. maximal eine Person/en mit Nanomaterialien beschäftigt sind. Ein Betrieb (Pulverlacke, Drucker-tinte) führte 11 bis 50 betroffene MitarbeiterInnen an.

Die Anzahl der ArbeitnehmerInnen, die innerhalb der besuchten Unternehmen mit Nanomaterialien arbeiten, ist jedenfalls begrenzt, sowohl was absolute Zahlen betrifft, als auch in Relation zur Gesamtzahl der Beschäftigten im Betrieb.

Zu vergleichbaren Ergebnissen kommen andere Untersuchungen:

- In den Niederlanden hatte nur ca. ein Prozent aller Beschäftigten aus den Unternehmen ständigen Kontakt mit Nanopartikeln (Borm et al., 2008).
- In Deutschland gaben in der BAuA/VCI-Fragebogenaktion 2006 über zwei Drittel der Unternehmen, vermutlich vor allem Start-up-Firmen, an, dass ein bis neun Beschäftigte Tätigkeiten mit Nanomaterialien ausübten (Plitzko/Gierke, 2007; siehe Anmerkung in Fußnote 5).
- Für die Schweiz werden rund 1.300 ArbeitnehmerInnen angenommen, die direkt Nanopartikeln ausgesetzt sind, das sind weniger als 0,1 % aller im Produktions-sektor Beschäftigten; im Schnitt arbeiten pro Unternehmen zwei Personen direkt mit Nano-Anwendungen und zwei weitere im selben Raum (Schmid/Danuser/Riediker, 2008).

Die Schweizer Studie gibt einen wichtigen Hinweis für Risikomanagement-maßnahmen: Es sollte vermieden werden, dass die Hälfte der Nanomaterialien potenziell exponierten Beschäftigten gar nicht direkt mit der Nano-Arbeit zu tun hat. In den Fallstudien wurde dies nicht detailliert erfragt, in zumindest drei der besuchten Betriebe dürfte dies jedoch nach den Beobachtungen aus den Begehungen der Fall sein.

"Nano" ist laut Auskunft in einigen Gesprächen für die mit Nanomaterialien Beschäftigten kein Thema. In der dänischen Studie berichtete auch nur ein Unternehmen von Unsicherheit innerhalb der Belegschaft aufgrund des Umgangs mit Nanomaterialien (Tønning/Poulsen, 2007).

Bei der **Häufigkeit der potenziellen Exposition** überwiegen kurzfristige tägliche bzw. wöchentliche Arbeiten. Genannt wurden Durchschnittszeiten, weil insbesondere kleinere bis mittlere Anwenderbetriebe Nanomaterialien an den einzelnen Arbeitstagen verschieden lang gebrauchen (siehe nachstehende Abbildung). Langdauernde Nano-Arbeit gibt es nur im keramischen Betrieb.

<i>Expositionsmöglichkeit</i>	<i>Zahl der Unternehmen</i>
ganze Arbeitszeit	–
3/4 Arbeitszeit	1
1/2 Arbeitszeit	–
1/4 Arbeitszeit	1
kurzfristig, täglich	3
kurzfristig, wöchentlich	2
kurzfristig, monatlich	–

Häufigkeit der potenziellen Exposition von ArbeitnehmerInnen  
in den Unternehmen der Fallstudien (n = 7)

Bei den in den Fallstudien auftretenden **Tätigkeiten mit Nanomaterialien** überwiegen Beschicken / Befüllen, Umfüllen, Mischen und Produktentnahme/ Abfüllen und Absacken. Genannt wurden weiters Probenahme, Extrudieren, Auftragen und Polieren, sowie Aufsprühen.

#### **Fazit:**

Die Anwenderbetriebe von Nanomaterialien setzen fast zur Gänze Nano-Suspensionen ein, bei der Herstellung kommen Nano-Stäube vor.

Bei den Produkten und Erzeugnissen sind die Nanomaterialien immer in einer Matrix gebunden.

Die drei Nanomaterialien produzierenden Betriebe verwenden verschiedene Gasphasenverfahren (CVD, PVD, CL-CCVD), sowie Mahlverfahren.

Pro Betrieb arbeiten meistens wenig ArbeitnehmerInnen mit Nanomaterialien, in absoluten Zahlen und im Verhältnis zur Gesamtzahl der Beschäftigten.

Häufigkeit und Dauer der potenziellen Exposition gegenüber Nanomaterialien sind im Großteil der untersuchten Unternehmen gering.

Tägliche bzw. wöchentliche kurzfristige Tätigkeiten mit Nanomaterialien überwiegen.

Als Tätigkeiten mit Nanomaterialien werden in den Fallstudien Füll-, Misch- und Entnahmeporgänge am meisten genannt.

## 4.5 Selbsteinschätzung der Gefahren und Risiken

In den Fallstudien wurde auch danach gefragt, wie die Interviewpartner die potenziellen Gefahren sehen, die mit den gehandhabten Nanomaterialien verbunden sind. Die Antworten reichen von "differenziert" bis "ahnungslos":

- Die, im Beschichtungsprozess entstehenden Nanomaterialien selbst sind in der kristallinen Metall-Matrix fest gebunden und bei Arbeit praktisch nicht gefährlich. Die PVD-Produktion ist überhaupt ein geschlossenes System, bei der nur "halb geschlossenen" CVD-Produktion gibt es Gefährdungen beim Ausgangsmaterial etc.
- Der Stand der toxikologischen Diskussion zu CNR ist bekannt. In bisherigen Arbeiten würden teilweise unrealistische Randbedingungen verwendet, und es gebe methodische Probleme wie z. B. fragwürdige Vergleiche von in-vitro- und in-vivo-Messungen. *"Aber ab 2010 haben wir ohnehin Vollautomatisierung und eine völlig geschlossene Anlage."*
- Die möglichen Gefahren werden als ganz unterschiedlich eingeschätzt, da mit verschiedenen Nanomaterialien gearbeitet wird und daher eine sehr breite Palette an Gefahren zu erwarten ist. Aber insgesamt wird die potenzielle Gefährdung nicht als hoch eingeschätzt, da wir *"nur nur mit geringen Mengen arbeiten"*.
- Im eingesetzten Nano-Lack wird nur ein geringes potenzielles Risiko gesehen, weil die verwendeten Nanomaterialien nicht migrieren. *"Aber das wird sich wahrscheinlich ändern, wenn wir selbst Nanomaterialien erzeugen"*. Man werde dann jedoch dem Vorsichtsprinzip folgen.
- In den Pulverlacken gibt es keine Schwermetalle und Halogenverbindungen. Und im Betrieb gibt es keine spezifischen Nano-Gefahren. Wenn es sie überhaupt gibt, *"dann liegen sie bei den AnwenderInnen"*.
- Wegen fehlender Angaben des Lieferanten sind die potenziellen Gefahren nicht einschätzbar (außer Explosionsgefährlichkeit), sind aber in gesundheitlicher Hinsicht aufgrund der verwendeten Verfahrens- und Schutzmaßnahmen vermutlich nicht besonders groß. Aber aus Vorsicht *"haben wir 'überdimensionierte' Schutzmaßnahmen"*.
- *"Da hab ich keine Ahnung ..."*, aber *"die Behandlung ist bedenkenlos!"*

Diese Äußerungen stimmen mit jenen überein, die auf die Frage gegeben wurde, welche **Schwachpunkte im Nano-Risikomanagement** die Interviewpartner selbst sehen:

Drei Betriebe sehen keine, einer verweist auf die baldigen technischen Produktionsänderungen. Bei einem weiteren Betrieb dürfte die Tatsache, keine Basis zur Einschätzung der Nanomaterialien zu besitzen bzw. der Aufwand für Schutzmaßnahmen, bei der Entscheidung mitgespielt haben, auf Produktion ohne Nanomaterialien umzustellen.

Ein Anwender bemängelt *"Ich weiß ja gar nicht, was da drinnen ist ..."*. Auch ein anderer anwendender Betrieb mit alles andere als optimalen Schutzmaßnahmen, beanstandete, dass die relevanten Informationen bei den gelieferten Nanomaterialien fehlen, sodass ein spezifisches Risikomanagement nicht möglich sei. Selbstkritisch stellte er jedoch fest: *"Vor allem im Kleinmengenbereich gibt es außerdem wenig Selbstschutz!"*

Auch in der internationalen Studie über Unternehmen und Laboratorien, die Nanomaterialien handhaben, ging die Mehrzahl der befragten Organisationen nicht von spezifischen Nano-Risiken aus, bzw. wussten diese es nicht oder hatten nicht genügend Informationen. Darunter waren auch alle, die mit Metallen oder Metalloxiden (anderen als Quantum Dots) arbeiteten. Begründungen waren z. B., dass wegen der geringen gehandhabten Mengen oder der Zusammensetzung ein Risiko unwahrscheinlich sei bzw. die Nanomaterialien in einer Matrix eingebettet seien. (Holden et al., 2008; Gerritzen et al., 2006)

Dagegen zeigte sich in den Niederlanden unter den Befragten ein klares Bewusstsein der potenziellen Gefahren von Nanomaterialien (Borm et al., 2008).

**Fazit:**

Die Selbsteinschätzung der Befragten in Bezug auf die Gefährlichkeit der gehandhabten Nanomaterialien ist nicht unbedingt mit der Unternehmensgröße und den Qualifikationen der Befragten, jedoch mit der Qualität der vom Lieferanten erhaltenen Informationen bzw. mit den eingesetzten Sicherheits- und Gesundheitsmaßnahmen in Zusammenhang zu bringen.

Sie stimmt mit den Aussagen über selbst gesehene Schwachpunkte im Nano-Risikomanagement überein.

## 4.6 Nano-Risikomanagement

Derzeit sind bei der Produktion und Anwendung Nanomaterialien der ersten nanotechnologischen Generation anzutreffen, Nanopartikel und nanoskalierte Materialien. Für solche passive Nanostrukturen müssten herkömmliche Vorgehensweisen im Risikomanagement ausreichen, vorausgesetzt es sind plausible Wirkungsmodelle entwickelt worden und genügend Daten über die eingesetzten Nanomaterialien vorhanden.

Das tatsächliche Risiko hängt von stoffbezogenen Gefahren und vorhandenen Expositionen ab. Die Wissenslücken bezüglich der mit Nanomaterialien verbundenen Gefahren werden nicht kurzfristig geschlossen werden können. Daher ist in der Zwischenzeit eine weitestmögliche Verringerung der Exposition anzustreben.

### Expositionsmessungen

Mögliche Nano-Expositionsquellen bei der Arbeit wurden vielfach beschrieben<sup>11</sup>, zumeist mit Hauptaugenmerk auf die Erzeugung von Nanomaterialien; die Weiterverarbeitung innerhalb der Lieferkette wird weniger beachtet. Da die Kenntnisse der, mit den gehandhabten Nanomaterialien verbundenen Gefahren vielfach keine genaue Risikoabschätzung ermöglichen, kommt im Sinne des Vorsorgeprinzips der Minimierung der Expositionen eine entscheidende Rolle zu. Expositionen müssen überprüft werden um beurteilen zu können, ob die getroffenen Schutzmaßnahmen greifen.

In den meisten Fallstudien-Betrieben wurden jedoch an den Arbeitsplätzen keine Expositionsmessungen von Nanomaterialien durchgeführt. Einerseits hat dies mit dem überwiegenden Arbeiten in flüssigen Medien zu tun. Andererseits besteht sicherlich auch ein Zusammenhang mit dem Fehlen normierter Messverfahren und -methoden, wie der öfters von den InterviewpartnerInnen geäußerte Wunsch nach Unterstützung beim Messen von Nanomaterialien zeigt (siehe Pkt. 4.8).

Eine Ausnahme bildeten Nanomaterialien produzierende Unternehmen:

- Im Hartmetallbetrieb erfolgte, allerdings nur ein Mal, eine Staubbmessung (Teilchenkonzentration), dessen Ergebnis weit unter dem Grenzwert lag.
- Im Unternehmen, das Kohlenstoff-Nanoröhrchen und -fasern erzeugt, wurden verschiedene Arten von Messungen im Rahmen eines Forschungsprojektes durch Externe (AUVA, ÖSBS) durchgeführt. Die gemessene Teilchenkonzentration betrug 4.000 bis 6.000 T / cm<sup>3</sup>. Über weitere Details der Ergebnisse konnte der Interviewpartner keine Auskunft geben, da ihm noch kein Endbericht vorliegt.

---

<sup>11</sup> Siehe beispielsweise in einem neueren Review zu Nano-Risiken: Van Zijverden/Sips, 2009.

Dieses Bild deckt sich mit der Situation in anderen Ländern:

- Auch in Deutschland führte die überwiegende Zahl der an der BAuA-VCI-Befragung 2006 beteiligten Unternehmen keinerlei Messungen durch und kannte daher die Expositionssituation nicht. Dies traf vor allem auf Betriebe zu, die mit geringeren Mengen an Nanomaterialien zu tun haben (Pitzko/ Gierke, 2007; siehe Anmerkung in Fußnote 5).
- Messungen des Expositionsniveaus in der Luft am Arbeitsplatz waren in Dänemark ebenfalls sehr selten (Tønning/Poulsen, 2007).
- Die überwiegende Mehrzahl der an einer internationalen Studie teilnehmenden Unternehmen führte keine Messungen an den Arbeitsplätzen durch (Holden et al., 2008; Gerritzen et al., 2006).
- In den Niederlanden machte weniger als ein Viertel der Unternehmen zusätzliche, für Nanopartikel relevante Expositionsmessungen. Einige sagten auch, ihre Maßnahmen seien ausreichend und effizient, ohne Daten zur Validierung dieser Behauptung zu besitzen. Überhaupt war wenig über die Wirksamkeit der Maßnahmen bekannt, weil kein systematisches Expositionsmonitoring erfolgte, und wenn, dann nur eine einzelne Messung und nicht unbedingt mit dem für die Exposition relevanten Material. Generell besaßen die meisten Anwender und Produzenten wenig Know-how über Methoden zur Ermittlung des Vorhandenseins von Nanopartikeln in Produkten oder in der Arbeitsumgebung. (Borm et al., 2008)

## **Schutz- und andere Maßnahmen**

In keinem der in den Fallstudien untersuchten Unternehmen gibt es ein explizites nano-spezifisches Risikomanagement.

Diese Tatsache kann angesichts der Schwierigkeit eine exakte Risikobeurteilung durchzuführen, nicht verwundern. Es existieren zwar brauchbare, jeweils an den geänderten Wissensstand anzupassende strukturierte Vorgangsweisen, z. B. in der Schweiz oder Deutschland. In einem weiteren Beispiel aus den USA wird gezeigt, wie die Risikokontrolle für Nanomaterialien bei der Arbeit angesichts großer Wissenslücken gestaltet sein kann (Schulte et al., 2008a). Solche Empfehlungen müssten aber an die österreichischen Rahmenbedingungen angeglichen und der Zielgruppe in Österreich kommuniziert werden.

In der folgenden Abbildung wurden bei der Befragung verfahrenstechnische Maßnahmen in geschlossene Systeme, Automatisierung der Fertigungsprozesse und Nassbearbeitung unterteilt, Lüftungstechnische Maßnahmen in halboffene bzw. offene Erfassung, maschinelle und freie Lüftung.

<i>Schutzmaßnahmen</i>	<i>Zahl der Unternehmen</i>
Verfahrenstechnische Maßnahmen	3
Lüftungstechnische Maßnahmen	6
Persönliche Schutzausrüstung	7
Weitere Maßnahmen	5

Häufigkeit von unterschiedlichen Schutzmaßnahmen  
in den Unternehmen der Fallstudien (n = 7; Mehrfachnennungen möglich)

Eine differenzierte tabellarische Darstellung ist schwierig, da in den untersuchten sieben Unternehmen ca. zehn unterschiedliche Produktions- oder Anwendungsprozesse von/mit Nanomaterialien mit teils verschiedenem Maßnahmenspektrum vorkamen, und auch Erfahrungen mit früher eingesetzten Verfahren zu berücksichtigen sind.

- So erfolgt im Beschichtungsbetrieb die Herstellung metallischer Nanomaterialien im PVD-Verfahren in völlig geschlossenem System, beim CVD-Verfahren nicht. Nassbearbeitung wird in insgesamt drei Betrieben angewendet, in einem davon nur für die Produktion von Druckertinten.
- Persönliche Schutzausrüstung wenden alle untersuchten Unternehmen an: Atemschutz vier Betriebe, Staubfilter bzw. Partikelfilter FFP2 bzw. Vollvisierhelm (CVD-Gaswäsche); Handschuhe alle Betriebe; Schutzkleidung sechs Betriebe; Arbeitsschuhe sechs Betriebe.
- Weitere Maßnahmen setzen vier Unternehmen, z. B. besondere Hygienemaßnahmen, spezielle Unterweisungen und Informationen für Beschäftigte: Auch wenn dies teils mit der Nano-Produktion oder -Verarbeitung in engem Zusammenhang stand, waren sie in der Regel allgemein auf den Umgang mit gefährlichen chemischen Arbeitsstoffen bezogen.

Dies sagt freilich nur wenig darüber aus, ob die Schutzmaßnahmen auch dem Expositionsszenario jeweils angemessen waren, von Filtern für Absauganlagen bis zum Material von Handschuhen. Begehungen waren aus den bereits genannten Gründen nicht immer möglich, eine genaue Maßnahmenanalyse hätte aber ohnehin genaue Evaluierungen erfordert, die im Rahmen dieser Studie nicht machbar war.

Generell dürfte die Sicherheits- und Gesundheitspraxis jedenfalls auf den konventionellen Vorgangsweisen für die Grob-Form (Bulk-Form) oder für das relevanteste Lösungsmittel etc. beruhen, wie auch in einer internationalen Studie bemerkt wurde (Holden et al., 2008; Gerritzen et al., 2006).

Abgesehen davon, können die Fallstudien maßnahmen-bezogen grob in **drei Gruppen von Betrieben** eingeteilt werden.

Eine Gruppe von Betrieben sieht aufgrund der Art der Nanomaterialien oder der vorhandenen technischen Maßnahmen keine Notwendigkeit für nano-spezifische Vorgangsweisen, wenn z. B. die Nanomaterialien in einer Matrix fest gebunden sind, oder die Fertigungsprozesse automatisiert und gut geschützt ablaufen.

Eine zweite Gruppe von Betrieben wählt Schutz- und weitere Maßnahmen auch ohne näheres Wissen um vorhandene Gefahren derart, als ob die gehandhabten Nanomaterialien gefährlich seien, führt letztlich zumindest in Ansätzen und implizit ein "nanospezifisches Risikomanagement" durch<sup>12</sup>:

- Im CNR und CNF produzierenden Betrieb werden alle ArbeitnehmerInnen jährlich zum Lungenröntgen und zur Blutuntersuchung geschickt<sup>13</sup>. Schüttversuche im Abzug und Partikelmessungen wurden durchgeführt, ohne ungewöhnliche Expositionen zu ergeben. 2010 wird die Nano-Produktion überdies automatisiert und eingekapselt, auch in Beschickung und Entnahme, sodass praktisch kein Beschäftigter mehr exponiert sein wird.<sup>14</sup>
- Der Hersteller von Druckertinte wählt beim Zermahlen der in Mikrometer-Größe bezogenen Partikel zu Nanomaterialien eine Nassbearbeitung, es wird in flüssigem Medium gearbeitet.
- Ein Anwenderbetrieb erzählt, zwar keine eigenes Nano-Management zu haben, aber wegen fehlender Stoffinformationen *"auf der sicheren Seite"* sein zu wollen. Es wird nur der maximale Tagesverbrauch des verwendeten Nano-Produkts nahe des Arbeitsplatzes gelagert und es erfolgt eine portionierte Entnahme mittels eines Spenders. Die Absaugung wurde genau dosiert bzw. zur Sicherheit überdimensioniert (10.000 m<sup>3</sup>/Stunde). Es gibt eine regelmäßige Unterweisung und eine Handlungscheckliste für die MitarbeiterInnen, eine Art "Betriebsanweisung". Die Sicherheitsfachkraft hat selbst einen halben Tag am Arbeitsplatz gearbeitet, um Erfahrungen zu sammeln.

Eine dritte Gruppe von Betrieben setzt sich mit etwaigen nötigen Maßnahmen nicht oder nach eigener Aussage nur *"halbherzig"* (Lohnbeschichtung) auseinander: Argumentiert werden Mängel in den Maßnahmen oder eine geringe Gefährdungseinschätzung gerne mit der Aussage, *"Es werden nur geringe Mengen hergestellt."* Ein Risikomanagement werde nur bei der Produktion etwas größerer Mengen gemacht. Es wird auf das Einhalten einer Good Laboratory Practice verwiesen, was auch ein anderes kleineres Unternehmen anführt. Im Übrigen macht in diesem Betrieb "kritische" Arbeitsgänge der Geschäftsführer nach eigener Aussage selbst (bis vor 3 Monaten auch ein angestellter Chemiker).

---

<sup>12</sup> Zum Teil war dies freilich schon allein wegen anderer nicht-nanoskaliger Bestandteile notwendig.

<sup>13</sup> Der Interviewpartner betont, dies bereits seit fast 10 Jahren zu machen, ohne dass bei ihm je Abweichungen festgestellt worden wären.

<sup>14</sup> Zur Produktion von CNR und CNF gibt es eine Fülle von Empfehlungen, die derzeit auf diesen Betrieb anzuwenden wären. Sie werden hier nicht diskutiert, da es sich um die einzige Produktion dieser Art in Österreich handelt, die in Kürze ohnehin umgestellt wird.

Es sind **keine großen Unterschiede zu den Ergebnissen in anderen Ländern** festzustellen:

- Zu ähnlichen Ergebnissen kam vor einigen Jahren die internationale Studie: Obwohl viele der damals Befragten nicht glaubten, dass Nanomaterialien mit spezifischen Gefahren verbunden sind, wurden häufig besondere Risikomanagementmaßnahmen ergriffen, was von manchen Unternehmen als Vorsorge gegen unbekanntes Risiko beschrieben wurde. Dabei wurden konventionelle Praktiken für den Umgang mit Nanomaterialien angewendet, was wahrscheinlich mit dem Mangel an Informationen über die toxischen Eigenschaften bzw. dem Fehlen nano-spezifischer Empfehlungen zusammenhing. Wenig erstaunlich tendierten von den in dieser Untersuchung befragten Betrieben die kleineren zu kostengünstigeren Absaugungen und Wegwerf-PSA (z. B. bei Stäuben Staubmasken), während die größeren Unternehmen eher dazu bereit waren, in Vorkehrungen wie geschlossene Systeme zu investieren. (Holden et al., 2008; Gerritzen et al., 2006)
- In Deutschland gaben bei der BAuA/VCI-Befragung fast alle beteiligten Unternehmen an, Schutzmaßnahmen einzusetzen. Am häufigsten genannt wurden Lüftungstechnische Maßnahmen (hier offene Erfassung an erster Stelle, aber auch halboffene und geschlossene Erfassung neben maschineller Lüftung). Bei den verfahrenstechnischen Maßnahmen steht die Nassbearbeitung an erster Stelle, gefolgt von geschlossenen Systemen und automatischer Bearbeitung. Parallel dazu werden zu fast 80 % PSA (Atemschutz) genannt, also nicht aufgrund fehlender Schutzmaßnahmen, sondern vorrangig zusätzlich. Hier wird ein breites Spektrum von Mundschutz bis zur Atemschutzmaske (FFP 1 bis P3) angegeben. (Plitzko/Gierke, 2007; siehe Anmerkung in Fußnote 5)
- In der früheren österreichischen Studie wurden die eingesetzten Schutzmaßnahmen als abhängig von der Form der Nanomaterialien und den Kontaktmöglichkeiten der Befragten gesehen. Einige InterviewpartnerInnen sahen damals keinen Handlungsbedarf, z. B. wegen sehr geringer Mengen bzw. weil die Nanomaterialien in Form von Agglomeraten oder Lösungen verarbeitet wurden<sup>15</sup>. Andere verwiesen auf den Einsatz von PSA<sup>16</sup>. Nur wenige GesprächspartnerInnen zogen in Betracht, die ArbeitnehmerInnen prozesstechnisch von der Anlage zu trennen, was kostenintensiv sei. Als konkrete Maßnahme wurde die Staubentwicklung durch Dispergieren in flüssigen Medien eingeschränkt, falls dies verarbeitungstechnisch möglich war. Im Übrigen wurde eine Schulung von MitarbeiterInnen im Umgang mit Nanomaterialien als sehr wichtig angesehen und würde allgemein bereits durchgeführt<sup>17</sup>. (Joanneum, o.J.)

---

<sup>15</sup> Anmerkung: Auch in den Fallstudien gab es solche Argumentationen.

<sup>16</sup> Zu einem Zeitpunkt (2006), als die Effizienz der Filtermaterialien noch nicht gesichert war.

<sup>17</sup> Es dürften damit mehr oder weniger übliche Unterweisungen zu chemischen Arbeitsstoffen bzw. Stäuben gemeint gewesen sein.

- In den Niederlanden war die Art der Sicherheits- und Gesundheitsmaßnahmen vom mengenmäßigen Ausmaß des Gebrauchs und von der physikalischen Form der Nanomaterialien (Nanopulver, in Matrix eingebettet, Dispersion) abhängig. So wenden jene, die Nanomaterialien in Matrix handhaben, weniger Maßnahmen zur Risikokontrolle an, als solche, die mit Nanopulvern arbeiten. Die Hälfte der Unternehmen, die mit Nanostäuben arbeiteten, besaßen geschlossene Systeme, die anderen meist Absaugung an der Quelle. Absaugungen und Abzüge waren generell die häufigsten Maßnahmen, teils mit Unterstützung von HEPA-Filtern. In einem Fünftel der Betriebe gab es organisatorische Maßnahmen wie Reduzierung der Expositionsdauer oder Begrenzung der Zahl der Betroffenen. Es schien ein generelles Prinzip zu sein, Nanopartikeln in Matrix oder Dispersion zu verwenden. (Borm et al., 2008)
- In der Schweiz wurden mehr Sicherheitsmaßnahmen bei Nano-Anwendungen auf Pulverbasis gefunden als in solchen in flüssigen Medien. Persönliche Schutzausrüstung (überall), technische und organisatorische Maßnahmen wurden angewendet, PSA überwog für Pulveranwendungen, ein geschlossenes System für rein flüssige. (Schmid/Danuser/Riediker, 2008)

**Fazit:**

An den Arbeitsplätzen gibt es derzeit außer in Nanomaterialien produzierenden Betrieben nur selten Nano-Expositionsmessungen.

Ein explizites nano-spezifisches Risikomanagement ist in keinem der in den Fallstudien untersuchten Unternehmen festzustellen. Die eingesetzten Sicherheits- und Gesundheitsmaßnahmen dürften sich im Allgemeinen an den konventionellen Vorgangsweisen für die Grob-Form oder beispielsweise dem relevantesten Lösungsmittel orientieren. Dementsprechend wählten einige Unternehmen ihre Schutz- und weitere Maßnahmen so, als ob die vorhandenen Nanomaterialien gefährlich seien. Bei einigen (kleineren) Betrieben bilden sich generelle Schwächen im Risikomanagement auch im Umgang mit Nanomaterialien ab.

Lüftungstechnische Maßnahmen und Persönliche Schutzausrüstung sind in praktisch allen Betrieben vorhanden.

## 4.7 Informationen in der Lieferkette

In den Fallstudien ergab sich ein wenig zufriedenstellendes Bild der nanospezifischen Risikokommunikation innerhalb der Lieferkette.

### Information der Hersteller

Zwei der sechs Unternehmen, die Nanomaterialien bzw. Produkte mit Nanomaterialien erzeugen und in Verkehr bringen, leiten Sicherheits- und Gesundheitsschutzinformationen zur Anwendung von Nanomaterialien an ihre KundInnen weiter (siehe folgende Abbildung). Die anderen Unternehmen erzeugen Produkte, bei denen die Nanomaterialien fest in einer Matrix gebunden sind, z. B. in einem metallischen Erzeugnis oder in einer Folie.

<i>Information an Kunden</i>	<i>Zahl der Unternehmen</i>
Sicherheitsdatenblatt	2
Anwendungstechnische Anleitungen	4
Begleitschreiben	–
Sonstige	2

Häufigkeit von unterschiedlichen Anwendungsinformationen zu Nanomaterialien für Kunden in den Unternehmen der Fallstudien (n = 6; Mehrfachnennungen möglich)

Diese zwei Betriebe liefern Sicherheitsdatenblätter für CNT/CNF bzw. für Pulverlacke, die Informationen für das Risikomanagement enthalten.

Für die Lacke gilt dies mit der Einschränkung, dass spezifische Nano-Risiken nur ausgewiesen werden, wenn der Produzent selbst entsprechende Informationen besitzt<sup>18</sup>. Dieses Unternehmen stellt Produktdatenblätter und Merkblätter mit technischen Informationen auf seine Website.

Isgesamt stellen vier Betriebe anwendungstechnische Hinweise zur Verfügung. "Sonstige" beinhaltet auch, dass den KundInnen die Materialien der nanostrukturierten metallischen Beschichtungen genannt werden.

Mehr als die Hälfte der von BAuA und VCI 2006 befragten Unternehmen geben Informationen zu möglichen Gefährdungen an ihre Kunden weiter, insbesondere mit dem Sicherheitsdatenblatt und anwendungstechnischen Hinweisen (Plitzko/ Gierke, 2007; siehe Anmerkung in Fußnote 5).

---

<sup>18</sup> Was vermutlich nicht der Fall war.

## Information für Anwender

Sicherheits- und Gesundheitsschutzinformationen zur Anwendung von Nanomaterialien gibt es in fünf der in den Fallstudien untersuchten Betriebe, wie die folgende Abbildung zeigt. Dies muss jedoch in mehrfacher Hinsicht relativiert werden.

Zum einen erzeugen zwei dieser Betriebe die Nanomaterialien selbst und verarbeiten sie zu Produkten mit Nanomaterialien weiter; sie holen sich nötige Informationen durch eigene Recherchen, auch um ihrer Registrierungsverpflichtung nach REACH nachzukommen.

Daher erhalten nur mehr drei der fünf Unternehmen, die Nanomaterialien von Lieferanten beziehen, von diesen auch sicherheits- und gesundheitsrelevante Informationen, alle von ihnen Sicherheitsdatenblätter, zwei von ihnen zusätzlich technische Merkblätter. Der Friseurbetrieb muss Sicherheitsdatenblätter für Arbeitsstoffe nicht verpflichtend erhalten, er bekommt auch nur technische Anleitungen und Prospekte. Ein sehr engagierter Betrieb hat zusätzlich eigene Recherchen angestellt. In einem Fall wurden auch Informationen vom betreuenden Arbeitsmedizinischen Dienst erhalten.

<i>Anwendungsinformation</i>	<i>Zahl der Unternehmen</i>
Sicherheitsdatenblatt vom Lieferanten	3
Anwendungstechnische Anleitungen vom Lieferanten	3
Begleitschreiben vom Lieferanten	–
Eigene Recherchen	3
Sonstige	1

Häufigkeit von unterschiedlichen Informationen für die Anwendung von Nanomaterialien in den Unternehmen der Fallstudien (n = 7; Mehrfachnennungen möglich)

Zum anderen waren die erhaltenen bzw. selbst recherchierten Informationen für das Risikomanagement aller sieben Unternehmen nur bedingt brauchbar, für zwei von ihnen sogar gar nicht. "Bedingt" bedeutet hier vor allem, dass sie zwar generell nützlich sind, jedoch auf Nano-Aspekte nicht speziell eingegangen wird; in einem einzigen Fall wurde wenigstens die Teilchengröße angeführt.

Der CNT-Produzent merkte denn auch an, dass die selbst recherchierten Informationen für den Arbeitsschutz nicht gut zu verwenden sind, da die nano-bezogenen Daten unvollständig sind oder Notwendiges fehlt.

Der Nanobeschichtungshersteller erklärte, dass bei ihm die Sicherheits- und Gesundheitsschutzinformationen in der Regel nicht die Nanomaterialien (Beschichtung), sondern die Hartmetalle (Grundmaterial) betreffen.

Zur Illustration die Erfahrungen des Lohnbeschichters, eines kleinen Anwenderbetriebs: Generell gebe es überhaupt keine nano-spezifischen Informationen vom Lieferanten, keine Angaben, um welche Art von Nanomaterialien es sich genau handelt, keine Angaben über die Größe oder Form. Es gebe nicht einmal genügend technische Informationen, z. B. ob die Nanomaterialien homogen verteilt sind. Sein Betrieb brauche nur geringe Mengen der verschiedensten Nanomaterialien. Es werde nach dem Motto gehandelt: *"Wenn ihr Kleinmengen wollt, dann gibt's keine Info – nehmt es oder lasst es!"* Und dann werde einfach ein Sack mit Pulver zugeschickt. Er teilt seine Lieferanten in zwei Klassen ein:

- *"Die großen Lieferanten wissen's, aber sagen nichts!"*
- *"Kleine Lieferanten stellen ein Pulver her, wissen aber meist selbst nicht genau, was es ist"* Beispielsweise wird bei gesinterten Produkten wie Kupfer-Pulver bestenfalls die Korngröße angegeben. Der Ankauf aus Zentral- und Osteuropa, z. B. aus Tschechien, wurde aufgegeben, weil die gelieferten Nanomaterialien nicht klassifiziert waren, eine *"dubiose Zusammensetzung"* besaßen, und nicht einmal nach Größen halbwegs sortiert waren.

Die Informationen vieler kleinerer Hersteller bzw. Lieferanten von Nanomaterialien sind mangelhaft bzw. nicht erhältlich, dazu zwei Beispiele:

Die deutsche Firma Nanogate aus Saarbrücken liefert ein Nanoprodukt zur Beschichtung von Keramik, Nano-E2C 110, *"eine saure Mischung von Alkohol und speziellen Zusätzen"*, wie im Sicherheitsdatenblatt steht, das veraltet, nicht REACH-konform und nicht für Österreich adaptiert ist. Es enthält keine Angaben zu den Nano-Bestandteilen, alle Hinweise sind auf das, als gefährlich eingestufte 2-Propanol abgestimmt.

Eine Webrecherche bezüglich näherer Informationen über dieses Produkt blieb ebenso ergebnislos wie die eingehende Untersuchung der Nanogate-Website [www.nanogate.de/](http://www.nanogate.de/). Es finden sich viele Texte über die großartigen Vorzüge der Nanotechnologie und der Nanogate-Produkte, aber keinerlei Hinweise zu potenziellen Gefahren. Doch das Webdesign ist modern und gefällig.

Der besuchte Friseurbetrieb bietet eine Reparatur und Strukturverbesserung für Haare an, die auf dem sog. "Nanomax-System" beruht. Laut Nanomax-Website [www.nanomaxinternational.com/](http://www.nanomaxinternational.com/) wird mittels einer kleinen Apparatur eine Lösung mit, in Keratin enthaltenen Aminosäuren als Aerosol aufgebracht und kann aufgrund der Partikelgröße im Nanobereich in die Haarstruktur eindringen.

Nähere Informationen des spanischen Produzenten fehlen. Auf der Firmenwebsite befindet sich lediglich folgender Hinweis: *"Yes, the treatments are perfectly safe, but pregnant women and some others may have heightened sensitivity to the mist, just as they may have to pollen, dust or even dogs or cats, and so if this is the case, use of a NanoMask is recommended."*

**Sicherheitsdatenblätter** sind das wichtigste Informationsmittel für die Risikokommunikation in der Lieferkette. Mit wenigen Ausnahmen weisen sie in den Fallstudien jedoch keine Nano-Informationen auf, was verschiedene Ursachen haben dürfte: Es gibt nicht genügend Wissen um die Charakteristika der Nanomaterialien. Legistische Lücken bzw. Unklarheiten müssen geklärt werden<sup>19</sup> und können nicht nur freiwilligen Vereinbarungen überlassen werden<sup>20</sup>. Und seit Langem bekannte Probleme in Zusammenhang mit Sicherheitsdatenblättern treten auch hier zutage, wie beispielsweise Qualitätsmängel oder die mangelhafte Rezeption seitens der AnwenderInnen vor allem in kleineren Unternehmen.

Zum gleichen Schluss kommt die Untersuchung aus den Niederlanden: Der Austausch von Informationen in der Lieferkette ist mangelhaft; die Hälfte der befragten Unternehmen kümmerte sich nicht um Information über enthaltene Nanomaterialien und/oder Gefahren, was in beiden Richtungen gilt, d. h. zwischen Lieferanten und Anwendern, sowie mit nachgeschalteten Anwendern. Die Sicherheitsdatenblätter geben in der Regel keine Auskunft über das Vorhandensein von Nanopartikeln und potenzielle Gefahren von Nanomaterialien in ihrem Produkt, weshalb potenzielle Risiken für nachgeschaltete Anwender dieser Produkte nur schwer zu erkennen sind (Borm et al., 2008).

Bisher sind Sicherheitsdatenblätter zu Nanomaterialien, soweit sie überhaupt vorhanden sind, in der Regel in Bezug auf nano-spezifische Informationen unvollständig und daher nicht als Informationsquelle zur Risikobeurteilung und Risikokontrolle von Nanomaterialien geeignet. Der Schweizer Aktionsplan fordert die für den sicheren Umgang mit Nanomaterialien nötigen Informationen im Sicherheitsdatenblatt; er schränkt jedoch ein, dass relevante Empfehlungen auf Sicherheitsdatenblättern häufig auf Grossproduktionen und -Unternehmen ausgerichtet sind und von Kleinbetrieben aus personellen und finanziellen Gründen oft kaum optimal umgesetzt werden können (BAG/SECO/BAFU, 2008).

Vergleichbare Probleme und Mängel Probleme zeigen sich in fast allen Studien:

- Viele befragte dänische Unternehmen bemängelten, dass die Sicherheitsdatenblätter meistens keine nano-spezifischen Angaben wie Partikelgröße, relative Oberfläche, Agglomerationsverhalten usw. enthielten, und wenn, dann in technischen Merkblättern. Einige dänische Unternehmen wussten gar nicht, ob ihre Arbeitsmaterialien als Nanomaterialien zu klassifizieren sind: "*Wir kennen die Verteilung der Teilchengröße nicht!*" Dies betraf oft Metalloxid-Pigmente, die gewöhnlich Mikro- oder kleinere Partikel mit einer sehr breiten Größenverteilung sind. (Tønning/Poulsen, 2007)

---

<sup>19</sup> Milieu und RPA (2009) befassen sich in einem aktuellen kritischen Review der REACH- und CLP-Regelungen mit Nano-Informationen aus der Industrie.

<sup>20</sup> Z. B. der in Deutschland Anfang 2008 veröffentlichte VCI-Leitfaden für Informationsweitergabe innerhalb der Lieferkette mittels Sicherheitsdatenblättern (VCI, 2008a).

- Auch in der Schweiz war die Größenverteilung der Nanopartikel zumeist nicht bekannt, da sie nicht angegeben wurde (Schmid/Riediker, 2008).
- Wie aus einer gesamtscandinavischen Untersuchung hervorgeht, beruht die Information in den Sicherheitsdatenblättern häufig eher auf der Bulkform der Materialien als auf ihrer Nanoform (Schneider et al., 2007).
- Im Jahr 2006 wurde von der Mehrheit der untersuchten Firmen in Österreich das Informationsangebot innerhalb der Lieferkette als zwar umfangreich, aber wenig aussagekräftig bzw. verwirrend bezeichnet: Auf Nanomaterialien würde nicht speziell eingegangen, Sicherheitshinweise beschränkten sich auf die für pulverförmige Materialien üblichen Empfehlungen zu Persönlicher Schutzausrüstung. Vorgelegte Sicherheitsdatenblätter waren auch mangelhaft übersetzt, z. B. gingen Hinweise zu stoffbezogenen toxikologische Untersuchungen beim Übersetzen ins Deutsche verloren. Die meisten GesprächspartnerInnen mussten daher selbständig Informationen zu Nanomaterialien recherchieren. (Joanneum, o.J.)
- Dagegen gaben in Deutschland überraschend viele Unternehmen an, Informationen über potenzielle gesundheitliche Auswirkungen der vorhandenen Nanomaterialien zu besitzen. Dabei dürfte es sich jedoch vor allem um große Firmen handeln. Unternehmen mit geringeren Mengen an Nanomaterialien erklärten, keine solche Informationen zu haben. (Plitzko/Gierke, 2007; siehe Anmerkung in Fußnote 5)

**Fazit:**

Die Risikokommunikation zu Nanomaterialien innerhalb der Lieferkette ist nur in wenigen Fällen befriedigend.

In der Regel sind in den Sicherheitsdatenblättern nicht einmal grundlegende Angaben über die Nanomaterialien enthalten, schon gar nicht Auskünfte über nanospezifische Gefahren oder notwendige Maßnahmen.

## 4.8 Unterstützung im Nano-Risikomanagement

In den Interviews wurde auch danach gefragt, was sich die Unternehmen an Unterstützung für ihr Nano-Risikomanagement wünschen.

<i>Anwendungsinformation</i>	<i>Zahl der Unternehmen</i>
Detaillierte, praxisbezogene Information in den Sicherheitsdatenblättern	4
Eigene Sicherheitsdatenblätter für Nanomaterialien	–
Spezielle Kennzeichnung für Nanomaterialien	–
Durchführung von Messungen durch externe Einrichtung	2
Leitfäden, Broschüren o.ä. Information	2
Spezielle Beratung	2
Spezielle Schulungen, Seminare	–
Anderes	6

Häufigkeit von unterschiedlichen Informationen für die Anwendung von Nanomaterialien in den Unternehmen der Fallstudien (n = 7; Mehrfachnennungen möglich)

Wenig erstaunlich nach der vorher beschriebenen Informationssituation, wurden von vielen untersuchten Betrieben Sicherheitsdatenblätter besserer Qualität und mit mehr Praxisbezug gefordert, von allen Anwenderbetrieben bzw. allen kleineren Unternehmen. Dagegen wurden eigene Sicherheitsdatenblätter oder eine spezielle Kennzeichnung für Nanomaterialien nicht genannt. Dies dürfte mehr eine Frage für REACH-SpezialistInnen sein bzw. als Problem der KonsumentInnen gesehen werden.

Die Durchführung von Messungen von Nanopartikeln durch eine externe Einrichtung wurde von zwei Betrieben genannt. Sie ist vor allem für kleinere Unternehmen mit mangelnden Ressourcen bzw. Qualifikationen interessant, aber auch weil nicht gewusst wurde, wie überhaupt zu messen ist (siehe unten).

Die gleiche Zielgruppe würde praxis-bezogene Leitfäden oder Broschüren bzw. Beratung zum Thema Nano begrüßen, z. B. in Bezug auf Messen. Große Unternehmen sehen eine solche Unterstützung nicht als notwendig an. Als potenzielle Anbieter wurden das Arbeitsinspektorat und die AUVA genannt.

An nano-spezifischen Schulungen und Seminaren wurde dagegen durchgängig kein Interesse geäußert.

Einige der nachstehenden, **von den InterviewpartnerInnen geäußerten Wünsche** dürften nicht realisierbar sein, reflektieren die Überforderung kleinerer Betriebe mit Verpflichtungen in Zusammenhang mit dem Risikomanagement, oder den Wunsch nach Erleichterungen bei gesetzlichen Vorgaben. Inhaltlich können sie wie folgt gegliedert werden:

### **Informationen zu Nanomaterialien und Nano- Risikomanagement:**

- Hier wurden von den Lieferanten Information über enthaltene Nanopartikel bzw. über notwendige Maßnahmen zum Arbeitsschutz gefordert, z. B. eine bessere Auskunft in den Sicherheitsdatenblättern zu den Nano-Bestandteilen.
- Gewünscht wurde auch ein Leitfaden zum Umgang mit Nanomaterialien bzw. Nanotechnologien. Außerdem sollten die Behörden eine Positivliste "leicht bzw. sicher verwendbarer" Nanomaterialien einschließlich Maßnahmenempfehlungen veröffentlichen, sowie eine Negativliste gefährlicher Nanomaterialien.

### **Technische Informationen und Leitfäden:**

- Dies zielt einerseits auf (normierte) Messverfahren für Nanomaterialien, die Detektion von Feinststäuben wurde beispielsweise als besonderes Problem genannt. Es bezieht sich aber auch auf Basiswissen, welche Messungen bei einem bestimmten Nanomaterial bzw. Verfahren überhaupt notwendig sind.
- Andererseits wurde auch Unterstützung bezüglich nano-spezifischer Auswirkungen auf die Absaugtechnik angeführt, d. h. welche Systeme wann zu verwenden sind.

### **Pilotprojekte zur Praxis des Nano-Risikomanagements:**

- Die Durchführung von Verbundprojekten von Unternehmen, Behörden und Institutionen (AI, AUVA ...) zu Sicherheits- und Gesundheitsaspekten von nano-spezifischen Szenarien wurde als dringend notwendig angeführt. Dabei könnten arbeitsmedizinische Aufzeichnungen, Erfahrungen mit Schutzmaßnahmen etc. ausgetauscht und diskutiert werden, und entsprechende Empfehlungen bzw. Leitfäden erstellt werden. Kleine Startup-Firmen seien ressourcenmäßig überfordert, wenn sie dies allein machen müssten, z. B. schon allein wegen der Kosten von Messungen Externer.

### **Legistische Aspekte:**

- Klarheit bezüglich gesetzlicher Rahmenbedingungen wurde gefordert. Beispielsweise wurde in einem untersuchten Betrieb die Arbeit mit Nano-Silber eingestellt, weil in Zusammenhang mit der Biozid-Richtlinie Probleme wegen "antibakterieller" Wirkung erwartet wurden.
- Für Nano-Probeproduktionen wurden einfachere behördliche Genehmigungen gewünscht bzw. die Klarstellung, wie rechtlich fundiert sie sind, wenn die eingesetzten Materialien auf nano-skalig verändert werden.
- Auch die Unterstützung bei Patentrecherchen wurde genannt.

Der Wunsch nach Unterstützung beim Umgang mit Nanomaterialien, vor allem in Form von Leitfäden, zeigte sich auch in anderen Untersuchungen:

- In der Schweiz hatten die meisten untersuchten Firmen viele offene Fragen über "Best Practice", Leitfäden und Schutzstrategien sollten daher rasch entwickelt werden (Schmid/Riediker, 2008).
- Bei der internationale Studie wurde ebenfalls ein starker Bedarf nach Leitfäden und Beratung über Risikobeurteilung und Arbeitsschutzpraktiken geäußert (Holden et al., 2008; Gerritzen et al., 2006).
- Auch in den Niederlanden gab es ein eindeutiges Bedürfnis nach mehr Information und Leitfäden, vor allem bezüglich der Wirksamkeit von Filtern, Handschuhen und Absaugungen. Die meisten Nano-Nutzer würden von unabhängiger Unterstützung profitieren, z. B. in Bezug auf Maßnahmen und Messungen. Die Kommunikation von "Best Practice"-Leitfäden wurde als absolutes Muss gesehen (Borm et al., 2008)

**Fazit:**

Seitens der InterviewpartnerInnen gibt es verschiedene Unterstützungswünsche:

Informationen zu Nanomaterialien und Nano- Risikomanagement, z. B. nano-spezifische Informationen in den Sicherheitsdatenblättern, ein Leitfaden zum Nano-Umgang oder Positiv- und Negativlisten von Nanomaterialien.

Technische Informationen und Leitfäden, z. B. zu Messverfahren und Messmethodik oder zu technischen Maßnahmen.

Pilotprojekte zur Praxis des Nano-Risikomanagements, z. B. zum Austausch und zur Diskussion von Erfahrungen kleinerer Betriebe , sowie zur Entwicklung entsprechender Leitfäden.

Klärungen legislatischer Aspekte, z. B. in Zusammenhang mit gesetzlichen Rahmenbedingungen oder behördlichen Genehmigungen.

## 5. Zusammenführende Diskussion und Ausblick

Die Untersuchungsergebnisse ähneln in den verschiedenen thematischen Aspekten im Großen und Ganzen den Resultaten der zitierten vergleichbaren Studien.

Derzeit hat die Nano-Produktion in Österreich noch kein sehr großes Ausmaß angenommen. Nur wenige Produktionsbereiche, wie z. B. Oberflächenanwendungen, sind davon ausgenommen. Im Schnitt sind jedoch die Verbrauchsmengen an Nanomaterialien noch niedrig, und die Anzahl von, Nanomaterialien potenziell exponierten ArbeitnehmerInnen ist vergleichsweise gering.

Dies ermöglicht Behörden und zuständigen Einrichtungen, ihre Bemühungen auf eine relativ eingeschränkte Zahl von Betrieben bzw. Beschäftigten zu richten.<sup>21</sup> Unterstützung bei einem verantwortungsvollen Nano-Risikomanagement gebührt Firmen aller Größenordnungen. Aber die vorliegende Studie weist, wenig überraschend, schwerpunktmäßig auf kleinere Arbeitsstätten hin, die Nanomaterialien anwenden. In den Fallstudien wünschen sich vor allem kleine und mittlere Betriebe Unterstützung mittels Beratung, Messungen usw., die größeren Unternehmen eher nicht.

### Gute Praxis

"Gute Praxis" wendet die übliche Hierarchie der Maßnahmen sinngemäß auf den Nano-Umgang an, wie weiter unten beschrieben. Sie orientiert sich am Vorsorgeprinzip und agiert eher zu vorsichtig, solange Wissensbasis und technische etc. Rahmenbedingungen noch lückenhaft sind.

Wie gezeigt wurde, folgen einige Fallstudien-Betriebe de facto einem Vorsorgeprinzip und praktizieren ein entsprechendes Risikomanagement und "Gute Praxis",

- wenn nicht staubförmige Nanomaterialien eingekauft werden, sondern größere Partikel mittels Nassbearbeitung vermahlen werden;
- wenn aufgrund des Fehlens näherer Angaben zu verwendeten Nanomaterialien Absaugungen überdimensioniert werden, um "auf der sicheren Seite" zu sein;
- wenn der Verantwortliche selbst die Nanoarbeit und -maßnahmen ausprobiert ;
- wenn bei der Produktion von CNR und CNF auf ein geschlossenes System und Vollautomatisierung umgestiegen wird.

Auch aus der Schweiz werden ähnliche und weitere Formen von "Guter Praxis" berichtet (Schmid/Danuser/Riediker, 2008):

- Verwendung von Nanopartikeln in Matrix oder Dispersion als generelles Prinzip;
- bei der Arbeit mit Nano-Stäuben bei der Hälfte der Unternehmen geschlossene Systeme, bei den restlichen meist Absaugung an der Quelle;
- organisatorische Maßnahmen wie Reduzierung der Expositionsdauer, Begrenzung der Zahl der potenziell betroffenen Beschäftigten in einem Fünftel der Betriebe.

---

<sup>21</sup> Vgl. die Folgerungen der Schweizer Untersuchung (Schmid/Danuser/Riediker, 2008).

Ein Beispiel für, aus Projekten entwickelte "Gute Praxis" sind die Empfehlungen des nanoSAFE-Projekts (Klenke, 2008):

- Verwendung von Nanopartikeln in Dispersion oder agglomerierten Zustand;
- wenn dies nicht möglich ist, ist sichere Einkapselung des Prozesses unabdingbar;
- inerte Prozessführung, wenn anwendbar;
- wirksame Absauganlage mit Partikelfiltration (z. B. HEPA Filter H14);
- Persönliche Schutzausrüstung: Handschuhe aus Nitrilkautschuk (zwei Paare empfohlen), Schutzmaske (FFFP3), Schutzanzug (aus Vlies); Sicherheitsschuhe.

## Empfehlungen

**Information zu Nano und Arbeit:** Die in einigen der untersuchten Betriebe und bei den PräventivexpertInnen offensichtlich gewordene Unkenntnis über das Thema "Nano" weist auf die Notwendigkeit hin, Nanotechnologien und Nanomaterialien auch in den für die Öffentlichkeit bestimmten Medien des Arbeitsinspektorats thematisieren, z. B. auf der Website.

Dies muss unvermeidlicherweise einen vorläufigen Charakter besitzen, da sich Nanotechnologien schnell entwickeln, die Rahmenbedingungen laufend Veränderungen unterworfen sind, und diese Empfehlungen immer wieder zu ändern sind. Dies kann besser durch Information im Web verwirklicht werden, als durch Erstellung und Publikation gedruckter Broschüren, die vielleicht schon "out -of-date" sind, kaum dass sie veröffentlicht wurden.

**Nano-Leitfäden:** Oberste Priorität besitzt die Ausarbeitung und Veröffentlichung von empfohlenen Vorgangsweisen bzw. Leitfäden zum Umgang mit Nanotechnologien und Nanomaterialien (einschließlich technischer Aspekte zu Messungen und Maßnahmen), abgestimmt auf industrielle und gewerbliche Anwendungen, sowie auf unterschiedliche Betriebsgrößen.

In den Fallstudien und in den Untersuchungen aus anderen Ländern wünschten sich nicht nur kleinere Unternehmen behördliche Leitlinien und Hilfestellungen. Konkrete Unterstützung bieten solche Hilfsmittel nur, wenn sie praxisnah, flexibel veränderbar und nicht zu kompliziert sind. Näheres dazu wird nachstehend ausgeführt.

**Externe ExpertInnen:** Es ist wünschenswert, dass PräventivexpertInnen und ArbeitsinspektorInnen dem Aufkommen von Nanotechnologien verstärkt Aufmerksamkeit schenken. Dies wurde bei der Suche nach Unternehmen für die Fallstudien deutlich, wenn ArbeitsmedizinerInnen und Sicherheitsfachkräfte in der Regel nicht wussten, ob in den von ihnen betreuten Arbeitsstätten überhaupt eine Nano-Produktion bzw. Nanomaterialien vorhanden waren.

Es zeigte sich auch in manchen Interviews: Beispielsweise handhabt ein kleinerer Betrieb verschiedenste Nanomaterialien, wenn auch in geringeren Mengen. Die Präventivbetreuung erfolgt durch AUVASicher. Vermutlich wurde dabei das Management bisher nicht/kaum nach neuen Arbeitsstoffen im Betrieb gefragt, jedenfalls wurden laut Angaben des Interviewpartners keine Fragen zu Nanomaterialien gestellt bzw. Hinweise dazu gegeben. Analog dürfte auch laut Angaben des Befragten die Überprüfung der Arbeitsstätte durch die Arbeitsinspektion abgelaufen sein.

**Weitere Recherchen:** Wenn es einmal eine umfassende Sammlung österreichischer Nano-Unternehmen gibt, könnte ausgewählt, sich als prioritär erweisenden Aspekten des Themas näher nachgegangen werden. Dies betrifft beispielsweise eine systematische Erfassung von Betrieben, die Nano-Stäube und Nano-Aerosole insbesondere in der Weiterverarbeitung von Nanomaterialien handhaben. Ein klareres Bild wäre auch in Bezug auf die mögliche Hautgefährdung durch Nano-Arbeiten in flüssigen Medien wünschenswert.

Verbundprojekte zum Austausch und zur Diskussion der Sicherheits- und Gesundheitspraxis von Nano-Szenarien, wie sie ein Interviewpartner angesprochen hat, sind weitere sinnvolle Möglichkeiten (siehe Pkt. 4.8).

**Information in der Lieferkette:** Die Sicherheitsdatenblätter sind nicht brauchbar, um eine sicheres Nano-Risikomanagement durchführen zu können (siehe Pkt. 4.7). Wenn nicht von der ECHA ein entsprechender Leitfaden entwickelt wird, müssen die notwendigen Basisinformationen zu Nanomaterialien über andere Kommunikationsformen und -wege in der Lieferkette sichergestellt werden.

## Vorgangsweisen / Leitfäden

Leitgedanke dabei ist das Vorsorgeprinzip, oder wie es im Österreichischen Nano-Aktionsplan ausgedrückt ist, der vorsorgliche Gesundheitsschutz.

Wenn eine genaue Gefährdungsbeurteilung (noch) nicht möglich ist, bietet sich eine strukturierte Vorgangsweise im Risikomanagement an, die bekannten Prinzipien und Verfahren folgt und sie an die Nano-Besonderheiten anpasst, in einem stufenweisen Vorgehen unter Berücksichtigung der verschiedenen Expositionswege und Einflussfaktoren.

Dieser Ansatz ist flexibel zu verstehen, und die Vorgangsweise ist zu revidieren, wenn es z. B. neue Erkenntnisse über verwendete Nanopartikel<sup>22</sup>, Expositionsszenarien oder technische Voraussetzungen gibt.

In Umsetzung der alt hergebrachten Hierarchie von Maßnahmen sind zuallererst substituierende Maßnahmen zu setzen. Wegen der gewünschten speziellen Nano-Eigenschaften und der mangelhaften Datenlage bei den Nano-Arbeitsstoffen lassen sich zur Zeit nur Arbeitsverfahren ersetzen, also z. B. Verarbeitungsformen einführen, die Dispersionen und Granulate anstelle von pulverförmigen Zubereitungen verwenden oder Nanomaterialien in Lösungsmitteln bzw. an Polymere binden.

Analog sind organisatorische und technische Schutzmaßnahmen anzupassen, z. B. mittels geschlossener Apparaturen. Persönliche Schutzausrüstung ist erst das letzte Mittel der Wahl für kurzfristige Tätigkeiten wie Probenahmen oder Umfüllarbeiten.

Ein detaillierterer Vorschlag für die Operationalisierung des Vorsorgeprinzips in Zusammenhang mit Nanomaterialien ist im Kasten am Textende des Berichts enthalten.

---

<sup>22</sup> Wie z. B. der NanoCare Scientific Report zur Toxizität von Nanomaterialien (Kuhlbusch et al., 2009). Nanocare wird als Projekt DaNa weitergeführt: [www.nanopartikel.info/](http://www.nanopartikel.info/)

Die Entwicklung der Empfehlungen bzw. Leitfäden zum Umgang mit Nano erfolgt auf Basis beobachteter und in Untersuchungsberichten beschriebener "Guter Praxis", kann aber bereits auf viele bestehende Vorlagen zurückgreifen. In Bezug auf solche Leitfäden etc. ist fast von einem Wildwuchs zu sprechen, erst langsam ist hier auf internationaler Ebene eine Abstimmung zu bemerken. Die grundsätzlichen Vorgangsweisen ähneln einander, sind jedoch unterschiedlich detailliert ausgearbeitet. Die Qualität vieler Hinweise ist allerdings nicht gesichert!

Zu komplizierte oder theoretisierende Darstellungen sind jedenfalls zu vereinfachen bzw. ohne juristische Ausdrücke und Expertensprache, sowie praxsgerecht zu formulieren.

Brauchbare Vorlagen sind:

- die vorläufigen Empfehlungen zum Gesundheitsschutz bei der Arbeit mit Nanomaterialien der Schweizer SUVA [www.suva.ch/nanopartikel](http://www.suva.ch/nanopartikel) (SUVA, 2009);
- die praxisbezogene Information des BGIA [www.dguv.de/bgia/de/fac/nanopartikel](http://www.dguv.de/bgia/de/fac/nanopartikel), laut der die gegen Stäube üblichen Schutzmaßnahmen gegenüber Nanopartikeln und Ultrafeinen Aerosolen wirksam sind;
- der gemeinsame Leitfaden von BAuA und VCI für Tätigkeiten mit Nanomaterialien bei der Arbeit mit Empfehlungen und Handlungsanweisungen (BAuA/VCI, 2007);
- [der VCI-Leitfaden zur abgestuften Sammlung von Gefährdungsinformationen zur Risikobeurteilung von Nanomaterialien \(VCI, 2008b\)](#);
- die Leitfäden von Unternehmen, wie der BASF-Leitfaden zum Umgang mit staubförmigen freien Nanopartikeln oder Produkten mit solchen Partikeln (BASF, o.J.);
- von Hessen-Nanotech [www.nano-sicherheit.de/](http://www.nano-sicherheit.de/) vor allem die Bereiche "Risikobewertung" und "Risikomanagement", die Übersicht von Handlungsempfehlungen für KMU zum Umgang mit Nanomaterialien (Hessen Nanotech 2008), sowie der Betriebsleitfaden zum sicheren Umgang mit Nano in der Lack- und Farbenbranche (Hessen Nanotech 2009);
- eine Broschüre über Arbeitsschutzaspekte von Nanomaterialien aus Baden-Württemberg (LUBW, 2009);
- der advisory report des niederländischen SER mit vielen Hinweisen (SER, 2009);
- der Entscheidungsbaum der TU Delft (2008), der zwar auf universitäre Forschung & Entwicklung ausgerichtet ist, jedoch ein gutes Beispiel für Leitfäden darstellt, wenn er an die Praxis von produzierenden Unternehmen adaptiert wird;
- der aktuelle kanadische Leitfaden ("Best Practice Guide") für Industrie und Forschung, der wie auch andere hier angeführte Beispiele von einem stufenweisen Vorgehen ausgeht (Ostiguy et al., 2009);
- die Publikationen zum Risikomanagement von Schulte et al. (2008a; 2008b);
- der Rahmen einer vorläufigen Vorgehensweise beim Arbeiten mit Nanomaterialien von NIOSH (DHHS/NIOSH, 2009a);
- das Risikomanagement bei der Arbeit mit Nanomaterialien in Labors, das auch für Betriebe interessant ist (Hallock et al., 2009);

- die Dissemination Reports des Projekts Nanosafe [www.nanosafe.org/](http://www.nanosafe.org/) , z. B. zu Filtern und PSA (Golanski et al., 2008); zu Explosivität und Entzündbarkeit (Bouillard et al., 2008); zu Messungen (Tardif et al., 2008); zum Explosionsrisiko (Bouillard, 2008), oder zur Vorgangsweise (Klenke, 2008);
- die Veröffentlichungen des Environment Directorate der OECD, z. B. zur vorläufigen Analyse von Expositionsmessungen von Nanomaterialien (OECD, 2008c), zur Sammlung bestehender Leitlinien zur Emissionsbeurteilung bei der Arbeit (OECD, 2008b), oder zu Leitlinien für Persönliche Schutzausrüstung am Arbeitsplatz (OECD, 2008a);
- Veröffentlichungen zur Gesundheitsüberwachung bei der Arbeit mit Nanomaterialien (DHHS/NIOSH, 2009b; Schneider, 2008; Kelly, 2008).

### **Gedanken zu einem vorsorgenden Nano-Risikomanagement**

In der Praxis ist die Operationalisierung des Vorsorgeprinzips nicht einfach, und die meisten Betriebe benötigen dabei Unterstützung.<sup>23</sup>

Wegen der Hinweise auf potenzielle Gefahren und der Erfahrungen mit Ultrafeinen Stäuben sollten unlösliche bzw. schwer lösliche Nanomaterialien generell als gefährliche Stoffe betrachtet werden, wenn ihre Freisetzung nicht ausgeschlossen werden kann. Bei wiederholter oder ständiger Belastung mit ihnen kann ein Gesundheitsrisiko auch weit unter dem Allgemeinen Staubgrenzwert nicht ausgeschlossen werden.

Daher sollte eine Gefährdungsbeurteilung durchgeführt werden, auch wenn sie derzeit nicht als gefährlich eingestuft sind.

Ein Problem stellt dar, wie der Arbeitgeber überhaupt von dieser Anforderung erfährt. Abhilfe können hier Leitfäden bzw. entsprechende Hinweise im Sicherheitsdatenblatt schaffen.

Eine genaue Gefährdungsbeurteilung erfordert ausreichende Informationen über Nanomaterialien.

Derzeit sind die Angaben im Sicherheitsdatenblatt nicht nano-spezifisch und für die Bewertung von Nanomaterialien wichtige Parameter nicht Teil der Pflichtangaben. Erweiterte Sicherheitsdatenblätter mit Expositionsszenarien werden nur für einen Teil der Nanomaterialien zu liefern sein.

Hersteller/Lieferanten sollten auch für Nanomaterialien unaufgefordert ein Sicherheitsdatenblatt liefern, optimal mit Expositionsszenarien. Sie sollten standardmäßig eine Reihe relevanter Parameter enthalten (siehe VCI, 2008a und 2008b).

Für die Beurteilung gesundheitsgefährdender Eigenschaften der meisten Nanomaterialien fehlen Daten, weshalb wie oben angeführt gesundheitsschädigende Eigenschaften anzunehmen sind und die Exposition mit diesen Stoffen zu minimieren ist (siehe z. B. BASF, o.J.; BAuA/VCI, 2008).

<sup>23</sup> Diese Ausführungen folgen einem Vortrag von Henning Wriedt (Wriedt, 2009).

Bezüglich der Expositionsminimierung ist zu klären, welchen technischen Standards sie folgen soll. Bei der Ermittlung der Exposition gibt es Probleme, z. B. mit der Messtechnik oder wegen der Hintergrundbelastung mit ultrafeinen Aerosolen. Hinweise und Hilfestellungen dazu, wie auch zu Schutzmaßnahmen gibt es in den oben angeführten Leitfäden und Quellen.

Die Prüfung der Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen beruht auf der bei ihrer Anwendung verbleibenden Exposition mittels "Bewertungsmaßstäben".

Derzeit sind Grenzwerte jedoch nicht ableitbar, und der Allgemeine Staubgrenzwert ist nicht anwendbar (außer für ultrafeine Stäube). Auch die Wahl der Metrik ist noch nicht geklärt (Volumen/Massenbezug, Oberfläche, Teilchenanzahl?).

Daher braucht es eine Zwischenlösung zur Beurteilung des "Minimierungserfolges". Erste Vorschläge für Beurteilungswerte ("Benchmark levels") liefern BSI (2007), NIOSH (für  $\text{TiO}_2$ , 2005) und die BGIA-Website (2009). Es erfolgt eine Differenzierung einerseits nach Gruppen von Nanomaterialien (lösliche, unlösliche, mit CMR-Eigenschaften, faserförmige), andererseits nach der Größe der Nanomaterialien (falls Massenkonzentration als Metrik gewählt wird), sowie eine Berücksichtigung der Dichte der Nanomaterialien.

In Bezug auf eine arbeitsmedizinischen Vorsorge sind derzeit keine spezifischen Indikatoren bekannt, die im Rahmen arbeitsmedizinischer Vorsorgeuntersuchungen überprüfbar sind.

Es stellt sich die Frage, ob für eine Übergangszeit Vorsorgeuntersuchungen mit dem Schwerpunkt auf "Atemwegsschädigung" entwickelt und bereitgestellt werden können, die weder invasive Methoden umfassen noch zusätzliche Gesundheitsrisiken verursachen.

Zu diesem Thema gibt es einen Vorschlag für eine Übergangslösung von NIOSH (DHHS/NIOSH, 2009b).

Die Dokumentationspflichten der Gefährdungsbeurteilung sind klar geregelt.

Zusätzlich wäre ein personenbezogenes Expositionsregister empfehlenswert, das als Basis für künftige epidemiologische Studien dienen kann (siehe SER, 2009).

# Literatur

- BAG, SECO, BAFU (Hg.). Aktionsplan "Synthetische Nanomaterialien". Bericht des Bundesrates vom 9. April 2008. Bern: UVEK, 2008. DL: [www.umwelt-schweiz.ch/div-4002-d](http://www.umwelt-schweiz.ch/div-4002-d)
- BASF (Hg.). Leitfaden zur sicheren Herstellung von und bei Tätigkeiten mit staubförmigen freien Nanopartikeln oder solche Partikel enthaltenden Produkten. Ludwigshafen: BASF, o.J. Download siehe unter: [www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Gefahrstoffe/Nanotechnologie/Links-Beispiele.html\\_nnn=true](http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Gefahrstoffe/Nanotechnologie/Links-Beispiele.html_nnn=true)
- BAuA (Hg.). Fragebogen zu Aspekten des Arbeitsschutzes bei der Herstellung und im Umgang mit synthetischen Nano-Materialien. Dortmund: BAuA, 2006. DL: [www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Gefahrstoffe/Nanotechnologie/Firmenbefragung.html?\\_nnn=true&\\_nnn=true](http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Gefahrstoffe/Nanotechnologie/Firmenbefragung.html?_nnn=true&_nnn=true)
- BAuA/VCI (Hg.) Leitfaden für Tätigkeiten mit Nanomaterialien am Arbeitsplatz. Frankfurt/Main: VCI, August 2008. DL: [www.vci.de/](http://www.vci.de/)
- Borm, Paul, Houba, Remko, Linker, Fenneke. Good Uses of Nanomaterials in the Netherlands. Maastricht: Nano4All, Oktober 2008. DL: [www.nano4all.nl/Reporshortsummary.pdf](http://www.nano4all.nl/Reporshortsummary.pdf)
- Bouillard, Jaques. How to estimate nanoaerosol explosion risk? nanoSAFE (Hg.), October, 2008. DL: [www.nanosafe.org/home/liblocal/docs/Dissemination report/DR4\\_s.pdf](http://www.nanosafe.org/home/liblocal/docs/Dissemination%20report/DR4_s.pdf)
- Bouillard, Jaques, Crossley, Alison, Dien, Jean-Michel, Dobson, Peter, Klepping, Tony, Vignes, Alexis. What about explosivity and flammability of nanopowders? Safety Parameters Characterisation Techniques for Nanoparticles. nanoSAFE (Hg.), February, 2008. DL: [www.nanosafe.org/home/liblocal/docs/Dissemination report/DR2\\_s.pdf](http://www.nanosafe.org/home/liblocal/docs/Dissemination%20report/DR2_s.pdf)
- DHHS (NIOSH) (Hg.). Approaches to Safe Nanotechnology. Managing the Health and Safety Concerns Associated with Engineered Nanomaterials. DHHS/NIOSH Publication No. 209-125. Cincinnati: CDC/NIOSH, März 2009. DL: [www.cdc.gov/niosh/docs/2009-125/pdfs/2009-125.pdf](http://www.cdc.gov/niosh/docs/2009-125/pdfs/2009-125.pdf) [2009a]
- DHHS (NIOSH) (Hg.). Interim Guidance for Medical Screening and Hazard Surveillance for Workers potentially exposed to Engineered Nanoparticles. NIOSH Publication No. 2009-116: Cincinnati: CDC/NIOSH, Februar 2009. DL: [www.cdc.gov/niosh/docs/2009%2D116/pdfs/2009-116.pdf](http://www.cdc.gov/niosh/docs/2009%2D116/pdfs/2009-116.pdf) [2009b]
- Gerritzen, Gina, et al. Review of Safety Practices in the Nanotechnology Industry: A Survey of Current Practices in the Nanotechnology Workplace. Houston: International Council on Nanotechnology, November 2006. DL: [http://icon.rice.edu/resources.cfm?doc\\_id=12202](http://icon.rice.edu/resources.cfm?doc_id=12202)
- Gerritzen, Gina, et al. Review of Safety Practices in the Nanotechnology Industry. Current Knowledge and Practices Regarding Environmental Health and Safety in the Nanotechnology Workplace. Houston: International Council on Nanotechnology, Oktober 2006. DL: [http://icon.rice.edu/resources.cfm?doc\\_id=12202](http://icon.rice.edu/resources.cfm?doc_id=12202)
- Golanski, Luana, Guillot, Arnaud, Tardif, François. Are conventional protective devices such as fibrous filter media, cartridge for respirators, protective clothing and gloves also efficient for nanoaerosols? Efficiency of fibrous filters and personal protective equipments against nanoaerosols. nanoSAFE (Hg.), January, 2008. DL: [www.nanosafe.org/home/liblocal/docs/Dissemination report/DR1\\_s.pdf](http://www.nanosafe.org/home/liblocal/docs/Dissemination%20report/DR1_s.pdf)
- Hallock, Marilyn F., Greenley, Pam, DiBernardis, Lou, Kallin, Dan. Potential Risks of Nanomaterials and How to Safely Handle Materials of Uncertain Toxicity. In: *Journal of Chemical Health & Safety* January/February 2009. DL: [www.mendeley.com/download/public/12110/34610957/b224f238eea2dd5369400c67671a6898f71cfbe2/dl.pdf](http://www.mendeley.com/download/public/12110/34610957/b224f238eea2dd5369400c67671a6898f71cfbe2/dl.pdf)
- Hessen Nanotech (Hg.). Sichere Verwendung von Nanomaterialien in der Lack- und Farbenbranche. Ein Betriebsleitfaden. (Vorabdruck) Wiesbaden: HA Hessen, September 2009. DL: [www.hessen-nanotech.de/mm/Betriebsleitfaden\\_NanoFarbeLacke\\_Vorab.pdf](http://www.hessen-nanotech.de/mm/Betriebsleitfaden_NanoFarbeLacke_Vorab.pdf)
- Hessen Nanotech (Hg.). Innovationsfördernde Good-Practice-Ansätze zum verantwortlichen Umgang mit Nanomaterialien. Eine Übersicht zu Handlungsempfehlungen für kleine und mittelständische Unternehmen in Hessen. HA Hessen, Mai 2008. DL: [www.hessen-nanotech.de/mm/Suppl-NanoKomm\\_final\\_Web.pdf](http://www.hessen-nanotech.de/mm/Suppl-NanoKomm_final_Web.pdf)

- Holden, Patricia A. Health and Safety Practices in the Nanomaterials Workplace: Results from an International Survey. In: *Environ. Sci. Technol.*, 2008, 42 (9), S. 3155-3162.
- IKW (Hg.). Sicherheitsbeurteilung für Pflege- und Reinigungsmittel, die Nanomaterialien enthalten und/oder Nanoschichten erzeugen. Stand: 25. April 2008. Frankfurt/Main: Industrieverband Körperpflege- und Waschmittel, April 2008. DL: [www.ikw.org/pdf/broschueren/Nano\\_d.pdf](http://www.ikw.org/pdf/broschueren/Nano_d.pdf)
- Joanneum Research (Hg.) Chaloupka, Georg, Kukla, Christian, Zahnt, Barbara-Annette, Sinner, Frank. Qualitative Umfrage zum Thema "Nanotechnologie: Sicherheit und Gesundheit". Graz: Joanneum Research, o.J. DL: [www.euro-nanotox.at/images/stories/umfrage\\_nanotechnologieundgesundheitpdf.pdf](http://www.euro-nanotox.at/images/stories/umfrage_nanotechnologieundgesundheitpdf.pdf)
- Kelly, Richard J. Occupational medicine implications of engineered nanoscale particulate matter. In: *Journal of Chemical Health & Safety* January/February 2009. DL: <http://escholarship.org/uc/item/3rk3p677>
- Klenke, Martin. First results for safe procedures for handling nanoparticles. nanoSAFE (Hg.), October, 2008. DL: [www.nanosafe.org/home/liblocal/docs/Dissemination\\_report/DR6\\_s.pdf](http://www.nanosafe.org/home/liblocal/docs/Dissemination_report/DR6_s.pdf)
- Kuhlbusch, Thomas, Krug, Harald, Nau, Katja (Hg.). NanoCare. Health related Aspects of Nanomaterials. Final Scientific Report. Frankfurt/Main: DECHEMA, Juli 2009. DL: [www.nanopartikel.info/files/content/dana/Dokumente/NanoCare/Publikationen/NanoCare\\_Final\\_Report.pdf](http://www.nanopartikel.info/files/content/dana/Dokumente/NanoCare/Publikationen/NanoCare_Final_Report.pdf)
- LUBW (Hg.). Nanomaterialien: Arbeitsschutzaspekte. Karlsruhe: LUBW, Oktober 2009. DL: [www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/6644/?shop=true](http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/6644/?shop=true)
- Luther, Wolfgang, Malanowski, Norbert. Innovations- und Technikanalyse. Nanotechnologie als wirtschaftlicher Arbeitsmarkt. Düsseldorf: VDI Technologiezentrum, November 2004.
- milieu, RPA (Hg.). Information from Industry on Applied Nanomaterials and their Safety. Prepared for European Commission DG Environment. Utrecht: milieu, September 2009. DL: [www.nanomaterialsconf.eu/documents/Nanos-Task1.pdf](http://www.nanomaterialsconf.eu/documents/Nanos-Task1.pdf)
- NanoKommission der deutschen Bundesregierung (Hg.). Verantwortlicher Umgang mit Nanotechnologien Bericht und Empfehlungen der NanoKommission der deutschen Bundesregierung 2008. Berlin: BMU, November 2008. DL: [www.bmu.de/nanokommission](http://www.bmu.de/nanokommission)
- OECD (Hg.). Comparison of Guidance on Selection of Skin Protective Equipment and Respirators for Use in the Workplace: Manufactured Nanomaterials. Series on the Safety of Manufactured Nanomaterials Nr 12. ENV/JM/MoONO (2009)17. Paris: OECD, Juni 2009. DL: [www.oecd.org/dataoecd/15/56/43289781.pdf](http://www.oecd.org/dataoecd/15/56/43289781.pdf) [2008a]
- OECD (Hg.). Emission Assessment for Identification of Sources and Release of Airborne Manufactured Nanomaterials in the Workplace: Compilation of Existing Guidance. Series on the Safety of Manufactured Nanomaterials Nr 11. ENV/JM/MONO (2009)16. Paris: OECD, Juni 2009. DL: [www.oecd.org/dataoecd/15/60/43289645.pdf](http://www.oecd.org/dataoecd/15/60/43289645.pdf) [2008b]
- OECD (Hg.). Preliminary Analysis of Exposure Measurement and Exposure Mitigation in Occupational Settings: Manufactured Nanomaterials. Series on the Safety of Manufactured Nanomaterials Nr 8. ENV/JM/MONO(2009)6. Paris: OECD, April 2009. DL: [www.oecd.org/dataoecd/36/36/42594202.pdf](http://www.oecd.org/dataoecd/36/36/42594202.pdf) [2008c]
- Ostiguy, Claude, Roberge, Brigitte, Ménard, Luc, Endo, Charles-Anica. Best Practices Guide to Synthetic Nanoparticle Risk Management. Report R-599. Québec: IRSST, Jänner 2009. DL: [www.irsst.qc.ca/files/documents/PubIRSST/R-599.pdf](http://www.irsst.qc.ca/files/documents/PubIRSST/R-599.pdf)
- Ostiguy, Claude, Lapointe, Gilles, Ménard, Luc, Cloutier, Yves, Trottier, Mylène, Boutin, Michel, Antoun, Monty, Normand, Christian. Nanoparticles. Current Knowledge about Occupational Health and Safety Risks and Prevention Measures. Report R-470. Québec: IRSST, September 2006. DL: [www.irsst.qc.ca/files/documents/PubIRSST/R-470.pdf](http://www.irsst.qc.ca/files/documents/PubIRSST/R-470.pdf)
- Plitzko, Sabine, Gierke, Erhardt. gemeinsame Fragebogenaktion der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) und des Verbands der Chemischen Industrie (VCI). In: *Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft* 10/2007, S. 419-424.
- Raab, C., Simkó, Myrtil, Fiedeler, Ulrich, Nentwich, Michael, Gzásó, André. Herstellungsverfahren von Nanopartikeln und Nanomaterialien. nanotrust dossier Nr. 006. Wien: ITA, November 2008. DL: <http://epub.oew.ac.at/ita/nanotrust-dossiers/dossier006.pdf>

- Schmid, Kaspar, Riediker, Michael. Use of Nanoparticles in Swiss Industry: A Targeted Survey. In: *Environ. Sci. Technol.*, 2008, 42 (7), S. 2253–2260.
- Schmid, Kaspar, Danuser, Brigitta, Riediker, Michael. Swiss Nano-Inventory. An assessment of the usage of nanoparticles in Swiss industry. Final report. Lausanne: IST, Oktober 2008.
- Schmid, Kaspar, Danuser, Brigitta, Riediker, Michael. Nanoinventory. Assessment of the usage of nanoparticles in the Swiss industry by letter survey. Intermediate report: a representative survey by letter. Lausanne: IST, Jänner 2008.
- Schulte, Paul, Geraci, Charles, Zumwalde, Ralph, Hoover, Mark, Kuempel, Eileen. Occupational risk management of engineered nanoparticles. In: *J Occup Environ Hyg* 5:239-249, 2008. DL: [www.nanoarchive.org/572/1/Occupational\\_Risk\\_Management\\_of\\_Engineered\\_Nanoparticles.pdf](http://www.nanoarchive.org/572/1/Occupational_Risk_Management_of_Engineered_Nanoparticles.pdf) [2008a]
- Schulte, Paul, Geraci, Charles, Zumwalde, Ralph, Hoover, Mark, Castranova, Vincent, Kuempel, Eileen, Murashov, Vladimir, Vainio, Harri, Savolainen, Kai. Sharpening the focus on occupational safety and health in nanotechnology. In: *Scand J Work Environ Health* 2008, vol 34, no 6. DL: [http://findarticles.com/p/articles/mi\\_7726/is\\_200812/ai\\_n32310605/](http://findarticles.com/p/articles/mi_7726/is_200812/ai_n32310605/) [2008b]
- Schneider, Thomas. Role of occupational hygiene research in the control of occupational health risks from engineered nanoparticles. Editorial. In: *Scand J Work Environ Health* 2008;34(6):407–409. DL: [www.sjweh.fi/download.php?abstract\\_id=1294&file\\_nro=1](http://www.sjweh.fi/download.php?abstract_id=1294&file_nro=1)
- Schneider, Thomas et al. Evaluation and control of occupational health risks from nanoparticles. TemaNord 2007:581. Kopenhagen: Nordic Council of Ministers, 2007. DL: [www.norden.org/da/publikationer/publikationer/2007-581/](http://www.norden.org/da/publikationer/publikationer/2007-581/)
- SER (Hg.). Nanoparticles in the Workplace: Health and Safety Precautions. Advisory Report Working Conditions Committee. Den Haag: SER (Sociaal-Economische Raad), März 2009. DL: [www.ser.nl/en/publications/publications/2009/2009\\_01.aspx](http://www.ser.nl/en/publications/publications/2009/2009_01.aspx)
- SUVA (Hg.). Nanopartikel an Arbeitsplätze. Printversion von [www.suva.ch/nanopartikel](http://www.suva.ch/nanopartikel). Luzern: SUVA, September 2009. DL: [www.suva.ch/nanopartikel\\_an\\_arbeitsplaetzen.pdf](http://www.suva.ch/nanopartikel_an_arbeitsplaetzen.pdf)
- Tardif, François, Sicard, Yves, Shakesheff, Alan, Moehlmann, Carsten, Backmann, Ulrika. Is it possible to easily measure the engineered nanoparticles at workplaces? An essential step for exposure evaluation in case of potential nanotoxicity. nanoSAFE (Hg.), June, 2008. DL: [www.nanosafe.org/home/liblocal/docs/Dissemination\\_report/DR3\\_s.pdf](http://www.nanosafe.org/home/liblocal/docs/Dissemination_report/DR3_s.pdf)
- Tønning, Kathe, Poulsen, Mikael. Nanotechnology in the Danish Industry - Survey on production and application. Kopenhagen: Danish Environm. Protection Agency, 2007. DL: [www2.mst.dk/Udgiv/publications/2007/978-87-7052-648-7/pdf/978-87-7052-649-4.pdf](http://www2.mst.dk/Udgiv/publications/2007/978-87-7052-648-7/pdf/978-87-7052-649-4.pdf)
- TU Delft (Hg.). TNW Nanosafety Guidelines. Recommendations for research activities with 'free nanostructured matter' within the Faculty of Applied Sciences of Delft University of Technology. Delft: TU Delft, September 2008. DL: [www.veiligheidskunde.nl/xu/document/cms/streambin.asp?requestid=43531312-6BA0-400D-B916-7562D0EEBDE3](http://www.veiligheidskunde.nl/xu/document/cms/streambin.asp?requestid=43531312-6BA0-400D-B916-7562D0EEBDE3)
- Van Zijverden, Maaïke, Sips, Adrienne (Hg.). Nanotechnology in perspective. Risks to man and the environment. RIVM Report 601785003/2009. Bilthoven: RIVM, 2009. DL: [www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/601785003.pdf](http://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/601785003.pdf)
- VCI (Hg.). Leitfaden zur Informationsweitergabe in der Lieferkette beim Umgang mit Nanomaterialien über das Sicherheitsdatenblatt. Frankfurt/Main: VCI, März 2008. DL: [www.vci.de/](http://www.vci.de/) [2008a]
- VCI (Hg.). Leitfaden zur abgestuften Sammlung von Gefährdungsinformationen zur Risikobeurteilung von Nanomaterialien. Frankfurt/Main: VCI, Februar 2008. DL: [www.vci.de/](http://www.vci.de/) [2008b]
- Wriedt, Henning. Umsetzung des Vorsorgeprinzips durch gesetzliche und freiwillige Regelungen. Vortrag auf der A+A 2009, Veranstaltung "Sicherer Umgang mit Nanopartikeln und Nanotechnologie", Düsseldorf, 5. November 2009.