

# **Leitfaden für Tätigkeiten mit Nanomaterialien am Arbeitsplatz**

## Vorwort

Die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) und der Verband der Chemischen Industrie (VCI) haben im Frühjahr 2006 gemeinsam eine Umfrage zum Arbeitsschutz beim Umgang mit Nanomaterialien unter den Mitgliedsunternehmen des VCI durchgeführt. Ziel der Umfrage war es, eine Übersicht zu den angewandten Verfahrensweisen der chemischen Industrie im Arbeitsschutz bei Tätigkeiten mit Nanomaterialien zu erlangen. Des Weiteren sollte der vorliegende "Leitfaden für Tätigkeiten mit Nanomaterialien am Arbeitsplatz" mit Empfehlungen und Handlungsanweisungen zum Umgang mit Nanomaterialien in der chemischen Industrie abgeleitet werden.

Ausgangspunkt der beiden gemeinsamen Aktionen von BAuA und VCI war die Stakeholder-Dialogveranstaltung zu „Synthetischen Nanopartikeln“ am 11. und 12. Oktober 2005 in Bonn.

Die Auswertung der Fragebogenaktion erfolgte durch die BAuA, der Leitfaden für Tätigkeiten mit Nanomaterialien wurde hauptsächlich vom VCI erstellt. In beiden Fällen sind während der Entwicklungsphasen mehrere Expertengespräche miteinander geführt worden.

Der Leitfaden soll eine Orientierung über Maßnahmen bei der Herstellung und Verwendung von Nanomaterialien am Arbeitsplatz geben. Die Empfehlungen geben den aktuellen Erkenntnisstand von Wissenschaft und Technik wieder.

Es ist geplant, den Leitfaden spätestens Mitte 2008 an den fortschreitenden Kenntnisstand anzupassen und weiter zu spezifizieren.

Berlin/Dortmund/Frankfurt im August 2007

## Inhalt

- I. Einleitung
- II. Allgemeine Regelungen im Arbeitsschutz
- III. Derzeitige Empfehlungen zum Schutz der Arbeitnehmer beim Umgang mit Nanomaterialien
- IV. Stand und Entwicklungen der Messtechnik bei Nanopartikeln

## Anhang

### Checkliste für die Gefährdungsbeurteilung von Nanomaterialien

## I. Einleitung

### I.1 Hintergrund

Die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) und der Verband der Chemischen Industrie (VCI) haben im Frühjahr 2006 gemeinsam eine Umfrage zum Arbeitsschutz beim Umgang mit Nanomaterialien unter den Mitgliedsunternehmen des VCI durchgeführt. Ziel der Umfrage war es, eine Übersicht zu den angewandten Verfahrensweisen der chemischen Industrie im Arbeitsschutz bei Tätigkeiten mit Nanomaterialien zu erlangen. Des Weiteren sollte der vorliegende "Leitfaden für Tätigkeiten mit Nanomaterialien am Arbeitsplatz" mit Empfehlungen und Handlungsanweisungen zum Umgang mit Nanomaterialien in der chemischen Industrie abgeleitet werden.

Die Umfrage richtete sich zunächst an industrielle Hersteller und Anwender von Nanomaterialien. Hierbei wurden in erster Linie Produkte erfasst, die schon seit vielen Jahren hergestellt und verwendet werden. Produkte, die sich noch im Forschungsstadium befinden, wurden in dieser Umfrage auch erfasst und in diesem Leitfaden mit berücksichtigt<sup>1</sup>.

Der vorliegende Leitfaden soll eine Orientierung über Maßnahmen bei der Herstellung und Verwendung von Nanomaterialien am Arbeitsplatz geben. Die hier abgegebenen Empfehlungen geben den aktuellen Erkenntnisstand von Wissenschaft und Technik wieder.

In diesem Leitfaden werden nur beabsichtigt hergestellte Nanomaterialien in Anlehnung an die Arbeitsdefinition der „OECD Working Party on Manufactured Nanomaterials“ betrachtet. Beabsichtigt hergestellte Nanomaterialien haben demnach spezifische Eigenschaften oder eine spezifische Zusammensetzung.

Nach dem Entwurf des ISO Technical Committees 229 "Nanotechnologies", der als Arbeitsdefinition von der OECD übernommen wurde, werden unter *Nanomaterialien* entweder sogenannte *Nanoobjekte* oder *nanostrukturierte Materialien* verstanden. *Nanoobjekte* sind Materialien, die entweder in ein, zwei oder drei äußeren Dimensionen *nanoskalig* (näherungsweise 1 – 100 nm) sind; typische Vertreter sind Nanoplättchen, Nanostäbchen und Nanopartikel. Als Nanopartikel werden Materialien bezeichnet, die in drei äußeren Dimensionen nanoskalig sind. *Nanostrukturierte Materialien* haben eine innere na-

---

<sup>1</sup> An der gemeinsamen Fragebogenaktion von BAuA und VCI beteiligten sich auch Start Up-Firmen (BMBF-Liste). Damit wurden Firmen berücksichtigt, die innerhalb von Forschungsarbeiten Umgang mit Nanomaterialien haben (bei einem Umfang > 10 kg/Jahr).

*noskalige* Struktur. Typische Vertreter sind *Aggregate* und *Agglomerate* von Nanoobjekten.

Um Nanomaterialien als isoliert vorliegende Nanopartikel zu erzeugen, sind in der Regel besonders aufwendige chemische und physikalische Verfahren erforderlich. Bei den derzeit kommerziell in größerem Maßstab hergestellten Produkten liegen in den meisten Fällen Nanopartikel allerdings nicht als einzelne Teilchen, sondern aggregiert und agglomeriert als Verbund mehrerer Teilchen vor.

Bei den Aggregaten und Agglomeraten handelt es sich nicht um Nanopartikel im Sinne der Definition (siehe oben), sondern um nanostrukturierte Materialien, in denen die Nanopartikel miteinander verbunden sind. Eine Freisetzung von Nanopartikeln aus diesen Aggregaten und Agglomeraten ist ohne größere Energiezufuhr oft nicht möglich.

Zum Teil werden Nanomaterialien schon beim Hersteller zu Granulaten, Formulierungen, Dispersionen oder Kompositen weiterverarbeitet. In vielen Fällen ist bei der nachfolgenden Verwendung eine Freisetzung von isolierten Nanopartikeln weitestgehend nicht mehr zu erwarten.

## **I.2 Verfahren der Herstellung**

Die chemische Industrie stellt Nanomaterialien hauptsächlich über zwei Verfahren her: durch Synthese in der Gasphase, d.h. durch Reaktion in einer Flamme, oder durch Reaktion in Lösung. Bei der Gasphasenreaktion verbinden sich die einzelnen erzeugten Primärpartikel sehr schnell zu größeren Einheiten. In Lösung können durch Zusatz von stabilisierenden Agenzien und in Abhängigkeit vom Lösungsmedium isolierte Nanopartikel erzeugt werden, die entweder als Dispersion weiterverarbeitet oder durch Abdampfen des Lösungsmittels gewonnen und dann weiterverarbeitet werden.

Die Gasphasensynthese von Nanomaterialien erfolgt schon aus technischen Gründen überwiegend in geschlossenen Systemen, die oft zusätzlich im Unterdruck betrieben werden. Eine Exposition von Arbeitnehmern während des Herstellungsprozesses kann insbesondere an Schnittstellen, wie bei der Abfüllung, bei der Probenahme, bei Reinigungs- und Wartungsarbeiten sowie bei Störungen des Normalbetriebes stattfinden, denen sicherheitstechnisch besondere Aufmerksamkeit zu widmen ist.

Bei Arbeiten in flüssigen Medien (z. B. Fällungsreaktionen, Dispergierung in der Flüssigphase) ist eine inhalative Aufnahme in der Regel durch Vermeidung von Aerosolbildung ausgeschlossen.

## **II. Allgemeine Regelungen zum Arbeitsschutz**

Bei Tätigkeiten mit Nanomaterialien sind, wie beim Umgang mit allen anderen chemischen Stoffen, die Bestimmungen des Arbeitsschutzgesetzes und die Bestimmungen der Gefahrstoffverordnung anzuwenden. Basis bilden die entsprechenden Richtlinien der EG. Der Arbeitgeber hat mit einer Beurteilung der für die Beschäftigten mit ihrer Arbeit verbundenen möglichen Gefährdung festzulegen, welche Maßnahmen des Arbeitsschutzes durchzuführen sind. Hierzu zählen neben der Gestaltung und Einrichtung der Arbeitsstätte und des Arbeitsplatzes auch Maßnahmen zur Expositionsminde rung gegenüber physikalischen, chemischen und biologischen Einwirkungen. Zusätzlich ist das untergesetzliche Regelwerk der Technischen Regeln für Gefahrstoffe (z. B. TRGS 500, TRGS 401) zu beachten.

Bei vielen unlöslichen Nanomaterialien ist derzeit nicht auszuschließen, dass die inhalative Aufnahme dieser besonders kleinen Partikel am Arbeitsplatz zu Gefährdungen führen kann, dies unabhängig von der Einstufung, die diese Stoffe aufgrund ihrer chemischen Zusammensetzung haben.

Die Gefahrstoffverordnung sieht die folgende Vorgehensweise zum Schutz der Beschäftigten vor Gefährdungen vor: 1. Informationsermittlung, 2. Gefährdungsbeurteilung, 3. Festlegung der Schutzmaßnahmen, 4. Überprüfung der Wirksamkeit der Maßnahmen, 5. Dokumentation. Berücksichtigt werden müssen alle Arbeitsvorgänge und Betriebszustände inklusive Wartung, Instandsetzung, Störungen und Überwachungstätigkeiten.

### **II.1 Informationsermittlung**

Zur Informationsermittlung gehören:

- Informationen über das eingesetzte Produkt (Eigenschaften, Menge, Verwendungsart und -form)
- Informationen über die Tätigkeit (insbesondere Arbeitsschritte, die zu inhalativer, dermalen oder oraler Aufnahme führen können). Brand- und Explosionsgefahren bei oxidierbaren Materialien sind gleichfalls einzubeziehen.
- Informationen über Möglichkeiten der Substitution im Fall von Gefahrstoffen (einschließlich des Einsatzes von Verfahren oder Zubereitungen des Stoffes, die zu einer geringeren Gefährdung führen).
- Ebenso zu ermitteln sind Informationen über die Wirksamkeit bereits getroffener Schutzmaßnahmen und gegebenenfalls Informationen über durchgeführte arbeitsmedizinische Vorsorge.
- Sind Datenlücken vorhanden, sind diese fehlenden Informationen bei der Festlegung von Schutzmaßnahmen angemessen zu berücksichtigen.

Quellen zur Informationsermittlung über die Stoffeigenschaften sind z. B. die Sicherheitsdatenblätter, Angaben auf dem Etikett, Mitteilungen des Herstellers, das technische und berufsgenossenschaftliche Regelwerk, Veröffentlichungen von Behörden und einschlägigen Organisationen sowie Literaturdaten.

## **II.2 Gefährdungsbeurteilung**

Die Durchführung der Gefährdungsbeurteilung erfolgt auf der Grundlage der Informationsermittlung. Sie muss nach dem Arbeitsschutzgesetz neben den stofflichen auch alle weiteren Gefährdungen (z. B. mechanische oder elektrische) berücksichtigen.

## **II.3 Festlegung der Schutzmaßnahmen**

Für die Festlegung der technischen, organisatorischen und persönlichen Schutzmaßnahmen sind auf der Basis der Gefährdungsbeurteilung zu prüfen:

### **1. Substitutionsmöglichkeiten:**

Prüfung, ob gesundheitsgefährdende Stoffe oder technische Verfahren durch weniger gefährliche Stoffe oder weniger gefährliche Verfahren (z. B. emissionsgeminderte Stoffvarianten) ersetzt werden können.

### **2. Technische Maßnahmen:**

Geschlossene Anlagen verwenden sowie Erfassen, Begrenzen und Abführen gefährlicher Gase, Dämpfe und Stäube, möglichst an der Entstehungsstelle.

### **3. Organisatorische Maßnahmen:**

Geeignete Waschgelegenheiten, geschützte Aufbewahrung der nicht beruflich eingesetzten Kleidung, weitere Hygienemaßnahmen, zeitliche Gestaltung der Arbeitsabläufe, Ausbildung und Unterweisung, Zugangs- und Lagerregeln etc.

### **4. Persönliche Schutzmaßnahmen:**

Verwendung persönlicher Schutzausrüstung zusätzlich zu den technischen und organisatorischen Maßnahmen.

## **II.4 Überprüfung der Wirksamkeit der getroffenen Maßnahmen**

Wie bei anderen Arbeitsstoffen ist auch bei Nanomaterialien die Wirksamkeit der getroffenen Maßnahmen regelmäßig zu überprüfen. Auch wenn bisher noch kein gesundheitsbasierter Grenzwert festgelegt werden konnte, sollte die Exposition der Beschäftigten ermittelt werden, nachdem die Maßnahmen der guten Arbeitspraxis umgesetzt wurden. Dabei sollen die folgenden Ausführungen dieses Leitfadens helfen, die auch auf mögliche Messverfahren hinweisen.

## II.5 Dokumentation

Die Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung ist eine verbindliche Forderung der Gefahrstoffverordnung. Gerade im Zusammenhang mit Nanomaterialien, für die noch keine gesundheitsbasierten Grenzwerte aufgestellt werden können, ist es besonders wichtig, die getroffenen Schutzmaßnahmen, die verwendeten Stoffe, die Arbeitsbedingungen und etwaige Messwerte zur Belastung für eine spätere Beurteilung aufzuzeichnen.

## III. Empfehlungen zum Schutz der Arbeitnehmer beim Umgang mit Nanomaterialien

Die notwendigen Schutzmaßnahmen am Arbeitsplatz werden aufgrund der Gefährdungsbeurteilung festgelegt. Geltende Grenzwerte, z.B. die Allgemeinen Staubgrenzwerte für die alveolengängige und einatembare Staubfraktion oder stoffspezifische Grenzwerte sind einzuhalten. Nach derzeitigem Kenntnisstand kann nicht ausgeschlossen werden, dass bei Expositionen gegenüber Nanomaterialien spezifische Wirkungen auftreten, die sich von den Wirkungen größerer Partikel im Mikrometermaßstab unterscheiden. Nach TRGS 900 gelten die allgemeinen Staubgrenzwerte nicht zur Beurteilung für ultrafeine Stäube (darunter versteht man eine Staubfraktion mit einer Partikelgröße kleiner 0,1 µm Diffusions-Äquivalentdurchmesser unter Einbeziehung ihrer Agglomerate und Aggregate). Bis zum Festlegen spezifischer Grenzwerte für Nanopartikel oder für bestimmte Nanomaterialien ist deshalb eine Minimierung der Exposition anzustreben. Für die dermale Exposition sind die Empfehlungen der TRGS 401 zu beachten.

Folgendes Vorgehen für die Festlegung von Schutzmaßnahmen wird empfohlen:

### 1. Substitutionsmöglichkeiten:

Bindung von staubförmigen Nanomaterialien in flüssigen oder festen Medien. Verwenden von Dispersionen, Pasten oder Compounds anstatt pulverförmiger Stoffe, soweit technisch möglich und wirtschaftlich zumutbar.

### 2. Technische Schutzmaßnahmen:

Durchführen der Arbeiten möglichst in geschlossenen Apparaturen.

Ist dies nicht möglich, ist das Entstehen von Stäuben oder Aerosolen zu vermeiden. Hierzu sind in Abhängigkeit vom produzierten Material und den Produktionsbedingungen ggf. Stäube oder Aerosole direkt an der Quelle abzusaugen (z. B. bei Befüll- und Entleervorgängen). Die Absaugeinrichtungen sind regelmäßig zu warten und einer Funktionsprüfung zu unterziehen.

Abgesaugte Luft darf nicht ohne Abluftreinigung zurückgeführt werden.

### 3. Organisatorische Schutzmaßnahmen:

Die Arbeitnehmer sind gezielt über die besonderen physikalischen Eigenschaften von freien Nanopartikeln, die Notwendigkeit besonderer Maßnahmen und über die möglichen Langzeitwirkungen von Stäuben zu unterweisen. Entsprechende Informationen sind in die Betriebsanweisung aufzunehmen.

Die Anzahl der möglicherweise exponierten Mitarbeiter ist soweit wie möglich zu begrenzen.

Darüber hinaus ist unbefugten Personen der Zugang zu entsprechenden Arbeitsbereichen nicht zu gestatten.

Für saubere Arbeitskleidung ist zu sorgen. Die Arbeitskleidung ist vom Arbeitgeber zu reinigen. Arbeitskleidung und private Kleidung sind getrennt aufzubewahren. Die Arbeitsplätze sind regelmäßig zu reinigen. Ablagerungen oder verschüttete Stoffe sind ausschließlich aufzusaugen oder feucht aufzuwischen und nicht abzublasen.

#### 4. Personenbezogene Schutzmaßnahmen:

Sind technische Schutzmaßnahmen nicht ausreichend oder können diese nicht installiert werden, sind persönliche Schutzmaßnahmen wie Atemschutz (z. B. Atemschutzmasken P2, FFP2, P3 oder FFP3, die Auswahl erfolgt in der Gefährdungsbeurteilung) geeignet. In Abhängigkeit von den Stoffeigenschaften kann das Tragen von Schutzhandschuhen, Schutzbrille mit Seitenschutz sowie Schutzbekleidung notwendig sein. Dabei sind die geltenden Tragezeitbegrenzungen und arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen beim Tragen von Atemschutz zu beachten.

Für Partikel von 2-200 nm steigt die Wirksamkeit von Filtern mit abnehmender Partikelgröße. Unterhalb von 200 nm nimmt nämlich die Diffusion von Partikeln stark zu; beim Durchströmen des Filtermediums kollidieren die Partikel daher mit höherer Wahrscheinlichkeit mit Fasern des Filtermediums, wo sie gebunden werden. Messungen des Berufsgenossenschaftlichen Instituts für Arbeitsschutz (BGIA) haben eine „total number penetration efficiency“ dreier verwendeter P3-Filter für Natriumchlorid-Partikel zwischen 14 und 100 nm von zwischen 0,011 und 0,026 %, bezogen auf die Partikelanzahl, nachgewiesen. Die Daten zu P2-Filtern zeigen eine Durchdringung von 0,2 % bezogen auf die Partikelanzahl.

Bei der Auswahl der erforderlichen Schutzhandschuhe ist auf geeignetes Handschuhmaterial zu achten. Das Handschuhmaterial muss der maximalen Tragedauer unter Praxisbedingungen gerecht werden. Ein wichtiges Kriterium hierzu ist die Permeationszeit (Durchbruchzeit in Abhängigkeit des Handschuhmaterials und der Materialstärke). Neben dem Schutz der Hände kann es erforderlich sein, andere Hautpartien durch Schutzausrüstung zu schützen. Hierzu gehören besonders Schutzanzüge, Schürzen und Stiefel.

Zusätzlich zu beachten sind neben den hier aufgeführten Staubschutzmaßnahmen weitere Maßnahmen, die sich aufgrund spezieller Stoffeigenschaften ergeben, z. B. zusätzliche Explosionsschutzmaßnahmen beim Umgang mit oxidierbaren Nanomaterialien, spezifische Schutzmaßnahmen beim Umgang mit reaktiven oder katalytisch wirksamen Nanomaterialien. Neben den speziell auf Nanomaterialien ausgerichteten Maßnahmen sind alle Maßnahmen, die sich aus der Gefährdungsbeurteilung ergeben, einzuhalten, damit u.a. die Arbeitsplatz-Grenzwerte (AGW) weiterer Arbeitsstoffe, z. B. von Lösemitteln, eingehalten werden.

Die Wirksamkeit der angewandten Schutzmaßnahmen (z. B. PSA) ist zu überprüfen.

## 5. Ablaufschema Gefährdungsbeurteilung für Nanomaterialien am Arbeitsplatz

Der Anwendungsbereich des Ablaufschemas sind gezielte Tätigkeiten mit Nanomaterialien (s. Ablaufschema im Anhang).

## IV. Stand und Entwicklungen der Messtechnik bei Nanopartikeln

Messgrößen zur wirkungsbezogenen Beschreibung von Nanopartikeln können derzeit noch nicht abschließend angegeben werden. Untersuchungen weisen auf die spezifische Oberfläche und Anzahl der Teilchen, das Volumen sowie auf die Struktur und Zusammensetzung der Nanopartikel als Dosismaß hin. Der Masse scheint dabei eine geringere Bedeutung zuzukommen. Damit können die üblichen gravimetrischen Messverfahren zur Bestimmung der Exposition gegenüber Nanopartikeln nur begleitend eingesetzt werden.

Zur Messung von Nanopartikeln werden stationäre Geräte eingesetzt, die die Partikelanzahl- bzw. die Oberflächenkonzentration der Nanopartikel in der Luft am Arbeitsplatz bestimmen. Dabei handelt es sich um eine kostenintensive und sehr aufwendige Messtechnik, die dem Stand der Technik entspricht, die aber noch nicht standardisiert bzw. validiert ist<sup>2</sup>.

Bei Messungen sind industriell gezielt hergestellte Partikel nicht von Nanopartikeln aus anderen Quellen (Hintergrundexposition am Standort der Herstellung) unterscheidbar. Bei der Beurteilung von Messungen auf Nanopartikel sind solche Einflüsse zu beachten (z. B. ca. 1 Millionen Partikel/cm<sup>3</sup> in einem Raucherraum bzw. 100.000 Partikel/cm<sup>3</sup> an vielbefahrenen Straßen).

### IV.1 Messverfahren

Folgende Messmethoden sind aktuell verfügbar<sup>3</sup>:

- Die am weitesten verbreitete Methode zur Messung der Partikelanzahl im Nanometerbereich ist der Kondensationskeimzähler Condensation Particle Counter (CPC). Dieser ermöglicht die Messung der Partikelzahl, nicht aber der Partikelgröße und nicht der chemischen Zusammensetzung von Partikeln<sup>4</sup> im Nanometerbereich und darüber. Die Detektion erfolgt über Lichtstreuung. CPC wird oft in Verbindung mit einer vorgeschalteten Fraktionierungseinheit verwendet. Der Scanning or Stepped Mobility Particle Sizer (SMPS) ist das am häufigsten verwendete Instrument zur Messung der Partikelgrößenverteilung im Größenbereich von 3 bis 800 nm. Die SMPS-Methode ermittelt den Mobilitäts- bzw.- Diffusionsäquivalentdurchmesser. Durch Modifikation der Methode ist allerdings die Ausweitung des messbaren Größenbereichs

---

<sup>2</sup> Die Eignung von Messverfahren und Schutzmaßnahmen werden vom Hauptverband der Berufsgenossenschaften (HVBG) beurteilt. Weitere Informationen zu geeigneten Messverfahren finden sich z. B. in der BGIA-Arbeitsmappe: „Messung von Gefahrstoffen“. Auch über die Eignung von Atemschutzfiltern finden sich Informationen auf den Webseiten der HVBG bzw. den Berufsgenossenschaften.

<sup>3</sup> Die Beschreibung der Messverfahren berücksichtigt gängige Verfahren und erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

<sup>4</sup> Im Bereich der Messtechnik wird der Begriff Partikel nicht nur für singuläre Partikel, sondern auch für Agglomerate und Aggregate verwendet.

ches möglich. Die Anwendbarkeit der Methode ist jedoch in Folge ihres hohen messtechnischen Aufwands begrenzt.

- Die Aerosol-Massenspektroskopie ist eine verbreitete Methode zur chemischen Online-Analyse von Partikeln und Aggregaten im Größenbereich über 100 nm. Als Offline-Methode steht die Elektronenmikroskopie (TEM/REM) zur Bestimmung der Größe, Morphologie sowie der Teilchenstruktur zur Verfügung. Allerdings steht auch hier einer weiteren Verbreitung in der Routinemessung der hohe technische Aufwand entgegen. Energiedispersive Röntgen-Fluoreszenz-Analyse ermöglicht in Verbindung mit der Elektronenmikroskopie eine stoffliche Bestimmung von Partikeln mit Auflösung der räumlichen Elementverteilung. Quantitative Aussagen sind mit dieser Methode nur beschränkt möglich.
- Der Nano-Aerosol-Sampler (NAS) ist eine weitere Methode, mit der parallel zum SMPS Partikel im Größenbereich von 1-1000 nm z. B. auf einem TEM-Grid abgeschieden werden können, um diese anschließend mit TEM/EDX im Hinblick auf Morphologie und Elementzusammensetzung zu charakterisieren. Bisher ist allerdings nur eine semiquantitative Auswertung möglich.

## **IV.2 Zur Anwendung der Messverfahren in der betrieblichen Praxis**

Bislang wurden Partikelbelastungen auf der Basis der Massekonzentration bewertet. Massebasierte Messungen von Nanopartikeln sind jedoch nur bedingt aussagekräftig. So bleibt bei hohen Partikelkonzentrationen die Gesamtmasse der Nanopartikel vergleichsweise gering. Besonders betont werden muss, dass einzelne Resultate von Messungen von Nanopartikeln in der Luft nur sehr bedingt miteinander verglichen werden können, da die Verfahren zur Expositionsmessung derzeit noch nicht standardisiert sind.

Als genormte und damit anerkannte Methode steht die messtechnische Überwachung der Arbeitsbereiche durch Gesamtstaubmessung (einatembare Fraktion)<sup>5</sup> zur Verfügung. In der wissenschaftlichen Diskussion wird diese Methode als nicht ausreichend angesehen. Hier besteht Entwicklungsbedarf für standardisierte und insbesondere personenbezogene Messverfahren zur Messung von Partikelanzahl und -größe. Messungen mit der „Scanning Mobility Particle Sizer“-Messtechnik zur Bestimmung der Partikelanzahl und der Partikelgrößenverteilung könnten zukünftig zusätzliche Informationen zur Exposition von Arbeitsbereichen bereitstellen.

## **IV.3 Normung der Messverfahren**

Derzeit wird bei der International Standardisation Organisation (ISO) und beim Deutschen Institut für Normung (DIN) die Standardisierung arbeitschutzrelevanter Rahmenbedingungen für Messverfahren (u. a. Probennahmeverfahren, Probenbehandlung, Monitoringverfahren im Arbeitsschutz und Referenzmaterialien) vorangetrieben.

---

<sup>5</sup> Entsprechend BGIA – Arbeitsmappe, Methode 7284 und Feinstaubmessung (alveolare Staubfraktion) gemäß BGIA – Methode 606.

#### IV.4 Sicherheitsforschung zu Messverfahren

Das Projekt „NanoCare“ untersucht als vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördertes Kooperationsprojekt von Unternehmen der chemischen Industrie und universitären Forschungsinstituten u. a. das Agglomerations- bzw. Aggregationsverhalten und die Stabilität von Agglomeraten bzw. Aggregaten aus nanoskaligen Primärpartikeln. Des Weiteren vergleicht NanoCare die aktuell verfügbaren Messmethoden zur Bestimmung luftgetragener Partikel und Aerosole mittels gezielt modifizierter und eingestellter Materialien, die im Rahmen des Projekts als Referenzmaterialien dienen. Darüber hinaus werden die Methoden zur Bestimmung der Staubungskennzahl weiterentwickelt.<sup>6</sup>

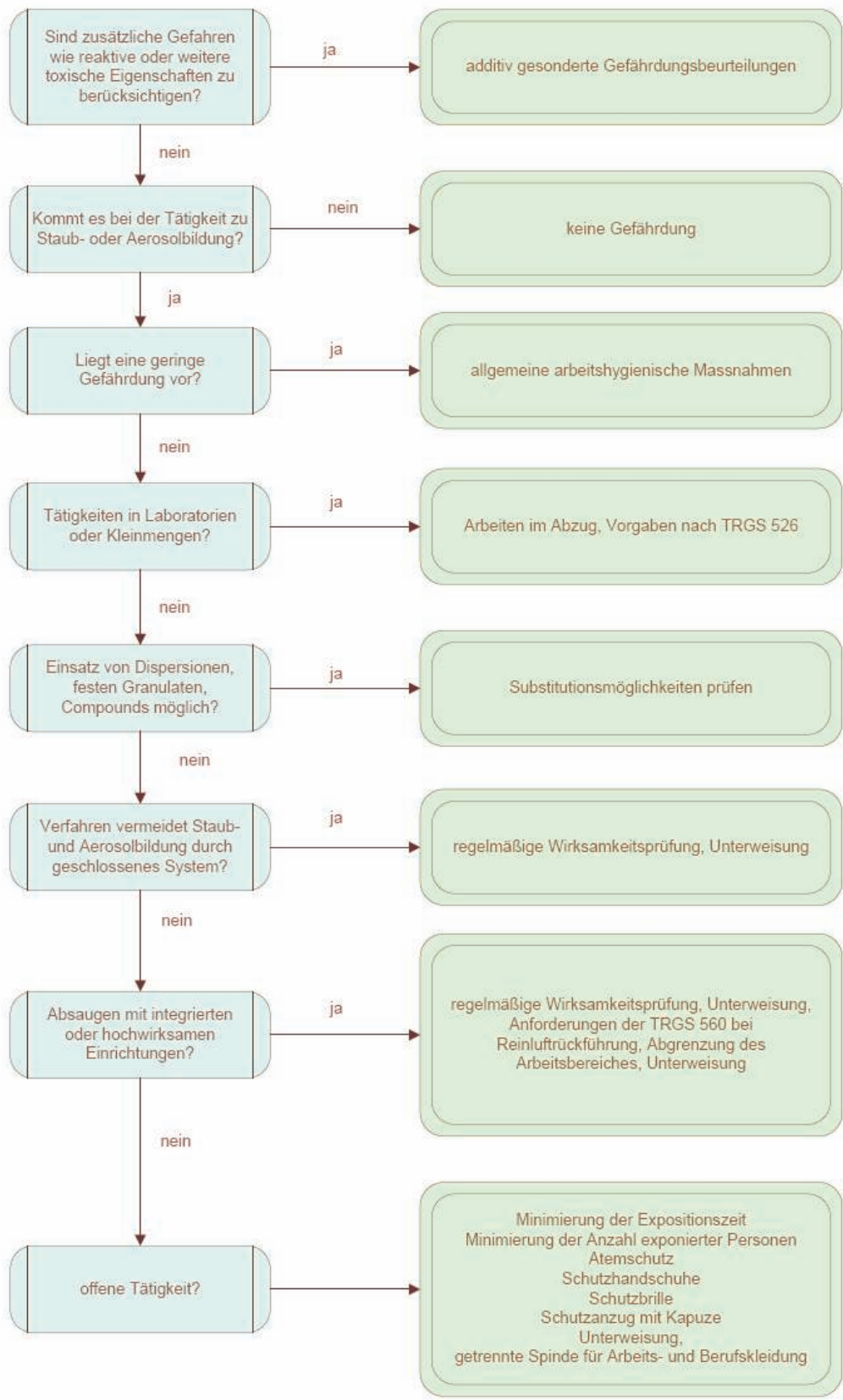
Die chemische Industrie ist in weiteren Projekten wie „Nanosafe II“, „Nanoderm“, „Tracer“ u. a. maßgeblich beteiligt und führt darüber hinaus eigene Forschungsprojekte durch. Alle aktuellen Forschungsprojekte wurden bereits in einer "Roadmap for Safety Research on Nanomaterials" des Dechema/VCI-Arbeitskreises „Responsible Production and Use of Nanomaterials“ niedergelegt.

Im November 2006 haben BAuA, UBA, BfR und die Ministerien BMAS, BMU und BMELV gemeinsam mit Vertretern aus Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft ihren Entwurf für eine Forschungsstrategie zur Erforschung etwaiger Risiken der Nanotechnologie diskutiert und auf den Weg gebracht.

---

<sup>6</sup> Messung der Tendenz bestimmter Stoffe Stäube freizusetzen.

**Ablaufschema Gefährdungsbeurteilung für Nanomaterialien am Arbeitsplatz (inhalative Route)**



Dokumentation

## Abkürzungsverzeichnis

<b>AGW:</b>	<b>Arbeitsplatzgrenzwert nach Gefahrstoffverordnung</b>
<b>BAuA:</b>	<b>Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin</b>
<b>BfR:</b>	<b>Bundesinstitut für Risikobewertung</b>
<b>BGIA:</b>	<b>Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz</b>
<b>BMBF:</b>	<b>Bundesministerium für Bildung und Forschung</b>
<b>BMU:</b>	<b>Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit</b>
<b>CPC:</b>	<b>Condensation Particle Counter</b>
<b>DIN:</b>	<b>Deutsches Institut für Normung</b>
<b>EDX:</b>	<b>Energiedispersive Röntgenanalyse</b>
<b>HVBG:</b>	<b>Hauptverband der Berufsgenossenschaften (Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, (DGUV))</b>
<b>ISO:</b>	<b>International Standardisation Organisation</b>
<b>NAS:</b>	<b>Nano Aerosol Sampler</b>
<b>SEM:</b>	<b>Scanning Electron Microscopy</b>
<b>SMPS:</b>	<b>Scanning or Stepped Mobility Particle Sizer</b>
<b>TEM:</b>	<b>Transmissionselektronenmikroskopie</b>
<b>TRGS:</b>	<b>Technische Regeln für Gefahrstoffe</b>
<b>UBA:</b>	<b>Umweltbundesamt</b>
<b>VCI:</b>	<b>Verband der Chemischen Industrie</b>