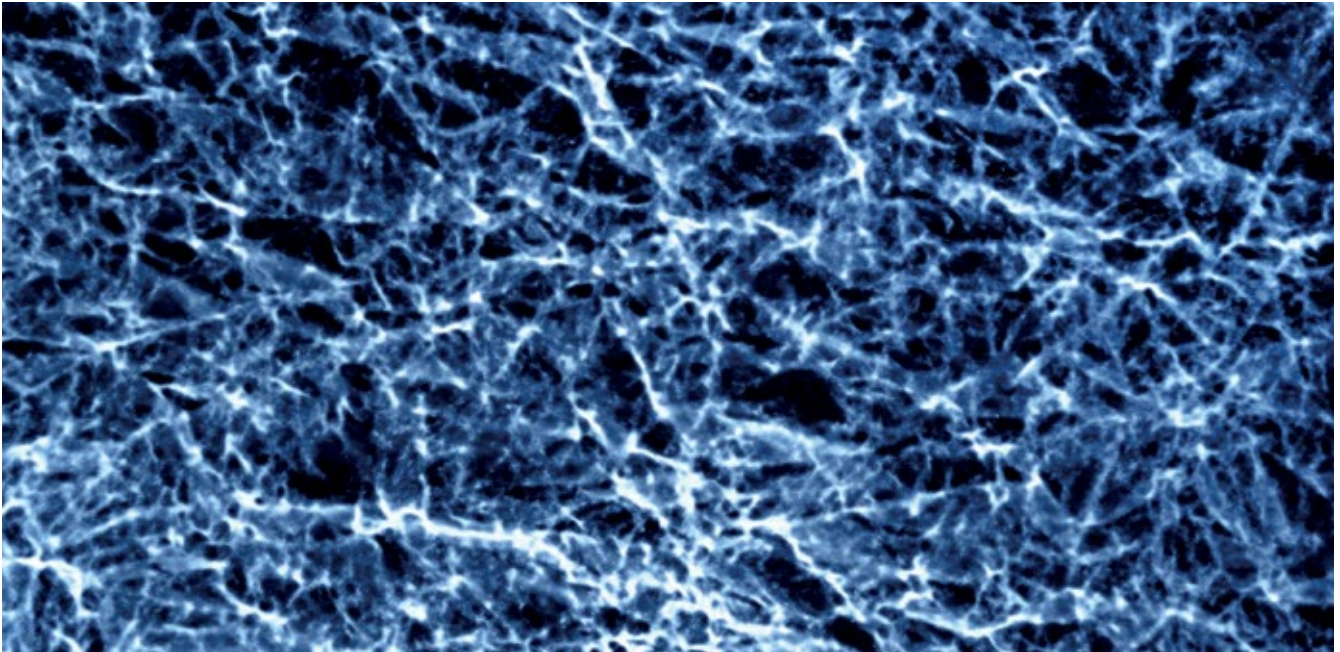


Gesundheitsaspekte faserförmiger Nanomaterialien



Dirk Pallapies

Die Nanotechnologie gilt als eine der Schlüsseltechnologien des 21. Jahrhunderts. Viele industrielle Errungenschaften sind ohne Nanomaterialien nicht denkbar. Sie besitzen Eigenschaften, die mit anderen Materialien nicht vergleichbar sind. Faserförmige Nanopartikel haben dabei eine besondere Bedeutung, sie werden unter anderem zur Verstärkung der Zugfestigkeit von Werkstoffen eingesetzt. Im Tierversuch konnten allerdings auch bei bestimmten biobeständigen faserförmigen Nanomaterialien entzündliche und fibrotische Effekte mit dem Asbest vergleichbarer Potenz beobachtet werden. Die vorliegende Übersicht fasst die Erkenntnisse zu gesundheitlichen Effekten faserförmiger Nanomaterialien zusammen.

Eindeutige und verlässliche Aussagen zu möglichen gesundheitlichen Effekten faserförmiger Nanomaterialien - also solchen mit einem Durchmesser von weniger als 100 Nanometern, aber sehr viel größerer Länge - lassen sich bislang nicht treffen. Prinzipiell muss man davon ausgehen, dass eine Aufnahme durch Einatmen oder Verschlucken möglich ist, während es bislang keine Hinweise dafür gibt, dass eine relevante Aufnahme faserförmiger Nanomaterialien über die Haut erfolgen könnte. Beim Menschen sind bisher in wissenschaftlichen Untersuchungen keine adversen Effekte nachgewiesen worden, was aber auch damit zusammenhängen kann, dass Expositionen nur gegenüber niedrigen Konzentrationen, über kurze Dauer oder / und in vergleichsweise kleinen Beschäftigungskollektiven erfolgten.

Faserförmige Nanomaterialien im Beruf

Im beruflichen Umfeld ist die Inhalation auch in die unteren Atemwege von größter Relevanz, und damit verbunden müssen insbesondere mögliche gesundheitlicher Effekte auf die Lunge in Betracht gezogen werden. Sekundäre Effekte auf Herz und Kreislaufsystem können zwar nicht generell ausgeschlossen werden; Hinweise darauf gibt es aber gegenwärtig ebenso wenig wie auf Effekte in anderen Organen, auch nicht nach Verschlucken.

Nanomaterialien, auch faserförmige, sind so klein, dass sie problemlos eingeatmet werden können. Ob sie dabei aber aggregie-

ren, wo sie sich ablagern und insbesondere welche Wirkungen sie entfalten können, hängt wesentlich von ihren physikalisch-chemischen Eigenschaften wie Morphologie, Oberfläche, spezifischer chemischer oder biologischer Reaktivität ab. Pauschale Aussagen zu gesundheitlichen Effekten sind somit nicht möglich.

Wie in Tierversuchen gezeigt, kann es nach Phagozytose gefolgt von oxidativem Stress und Aktivierung zellulärer Signalwege zur Beeinflussung des Zellmetabolismus beziehungsweise zellulärer Funktionen kommen, so dass schließlich Entzündungsreaktionen resultieren.

Vor allem, wenn aufgenommene Fasern biopersistent sind, besteht die Gefahr einer auch nach Ende der Exposition andauernden ständigen Reizung des Lungengewebes mit chronischer Entzündung, Fibrosen, Granulomen bis hin zu Krebserkrankungen von Lunge und Pleura. Derartige Effekte sind nach Exposition gegenüber Asbest bekannt geworden; schwerwiegende klinische Effekte beziehungsweise Symptome traten aber oft erst über 20 Jahre nach der erstmaligen Exposition auf. Für biobeständige Kohlenstoffnanoröhrchen (CNT) lässt sich aufgrund von Tierversuchen vermuten, dass Asbest-analoge Effekte dann vorkommen könnten, wenn diese CNT Dimensionen aufweisen, die den kritischen Fasern nach WHO-Definition entsprechen: Längen/Durchmesser-Verhältnis von $> 3:1$; so dünn, dass sie in die Alveolen gelangen können (< 3

μm); so lang, dass sie nicht von Phagozyten aufgenommen und abtransportiert werden ($> 5 \mu\text{m}$).

Aktuelle Publikation des NIOSH

Das U.S. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) hat kürzlich die wohl umfassendste aktuelle Darstellung und Bewertung der Exposition gegenüber CNT und Kohlenstoffnanofasern (CNF) am Arbeitsplatz unter dem Titel „Current Intelligence Bulletin 65: Occupational Exposure to Carbon Nanotubes and Nanofibers“ publiziert (s. Infokasten). Die wichtigsten Aussagen dieser Publikation werden im Folgenden kurz zusammengefasst:

Ein Review von über 50 tierexperimentellen Studien zeigte, dass CNT/CNF-Exposition in der überwiegenden Anzahl der Studien zu entzündliche Effekten, in rund der Hälfte der Studien zu Granulomen beziehungsweise Fibrosen im Bereich der Lunge führte. Aufgrund ähnlicher beziehungsweise stärkerer Potenz im Vergleich zu anderen fibrogenen Materialien im Tierexperiment und bekannter adverser pulmonaler Effekte anderer faser-/partikelförmiger Substanzen beim Menschen geht NIOSH davon aus, dass die tierexperimentellen Befunde im Hinblick auf die Übertragbarkeit auf dem Menschen sehr ernst zu nehmen sind, obwohl auch NIOSH gegenwärtig noch keine direkten Beobachtungen derartiger Effekte aufgrund von CNT-/CNF-Exposition beim Menschen bekannt sind.

Auf Basis insbesondere zweier subchronischer (90 Tage-) Inhalationsstudien an Ratten mit gut dokumentierter Dosis-Wirkungs-Beziehung und fünf weiterer tierexperimenteller Studien sah sich NIOSH in der Lage, eine quantitative Risikobewertung vorzunehmen. Danach wurde das Risiko für erste leichte Lungeneffekte bei einer CNT-Exposition über die gesamte Lebensarbeitszeit in Höhe der analytischen Nachweisgrenze (nach der NIOSH-Methode 5040) von $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (8-Stunden-Mittelwert, gemessen als elementarer Kohlenstoff) mit 0,5 Prozent beziffert. Bei $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ liegt auch die Schätzung des Lebensarbeitszeitäquivalents für den tierexperimentellen No observed adverse effect level (NOAEL) für CNT / CNF.

Dies hat NIOSH dazu bewogen, den Wert von $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ als recommended exposure limit (REL), also als Arbeitsplatzgrenzwertempfehlung, zu publizieren, was einer Absenkung um den Faktor 7 gegenüber einem vorhergehenden Entwurf gleichkommt. Auf die vielen Unsicherheiten in der Risikoabschätzung wird deutlich hingewiesen. Andererseits wird betont, dass andere Autoren auch zu Grenzwertvorschlägen im Bereich von $1\text{-}50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gekommen seien.

Während die bislang untersuchten CNT/CNF nur einen Teil an den jetzt oder zukünftig im Handel befindlichen Nanomaterialien ausmachen, sei anzunehmen, dass Materialien mit unterschiedlichen physikalischen und chemischen Parametern eine andere Toxizität aufweisen könnten.

Keine spezielle arbeitsmedizinische Vorsorge empfohlen

Eine spezifische arbeitsmedizinische Vorsorge für den Umgang mit faserförmigen Nanomaterialien kann zurzeit nicht empfohlen

werden, da keine „nano-spezifischen“ Erkrankungen bekannt sind. Im Rahmen der Primärprävention sollte darauf geachtet werden, dass faserförmige Nanomaterialien gar nicht erst in die Umgebung gelangen. Vor Tätigkeitsaufnahme ist allerdings ein initiales Screening mit körperlicher Untersuchung, Spirometrie und einmaliger Thoraxröntgenaufnahme sinnvoll.

Abschließend sei betont, dass die zukünftige Herausforderung im Hinblick auf die Bewertung faserförmiger Nanomaterialien darin besteht, Kriterien aufzustellen, die Nanomaterialien ohne beziehungsweise mit nur geringem Gefährdungspotenzial mit hinreichender Sicherheit von denjenigen mit unklarem oder relevantem Gefährdungspotenzial differenzieren.

Der Autor
Dr. Dirk Pallapies
IPA

Beitrag als PDF



Weiterführende Informationen im Internet

1. Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung:
www.dguv.de//Prävention/Themen-A-Z/Nanotechnologie/index.jsp
2. 10 Fragen und Antworten zum Umgang mit Nanomaterialien
www.dguv.de/Prävention/Themen-A-Z/Nanotechnologie/Nanomaterialien-am-Arbeitsplatz-10-Fragen-und-Antworten/index.jsp
3. Ausschuss für Gefahrstoffe zum Thema Nano
www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Gefahrstoffe/AGS/AGS-zu-Nanomaterialien.html
4. Bekanntmachung 527
www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Gefahrstoffe/TRGS/Bekanntmachung-527.html
5. European Agency for Safety and Health at Work
www.osha.europa.eu/en/topics/nanomaterials
6. United States Department of Labour (US-OSHA)
www.osha.gov/dsg/nanotechnology/nanotechnology.html
7. The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)
www.cdc.gov/niosh/docs/2013-145/pdfs/2013-145.pdf