

Arbeitsplatzgrenzwerte für Nanomaterialien 2019

Zusammenfassung

Nur für wenige Nanomaterialien, wie für Kohlenstoffnanoröhrchen, TiO₂-Nanostäube, Tonerpulver und für inhalierbaren Quarzfeinstaub, sind in einigen Ländern bereits spezielle Arbeitsplatzgrenzwerte vorgeschlagen worden. In vielen Fällen sind diese um den Faktor 10 oder mehr strikter als die Grenzwerte für chemisch idente Substanzen, welche in Form von gröberem Staub verwendet werden. Der Grund dafür liegt in den besonderen Eigenschaften einiger Nanopartikel, biologische Membranen zu durchdringen und Schädigungen hervorzurufen.

Da für die meisten Nanomaterialien, die an Arbeitsplätzen erzeugt oder bearbeitet werden, noch keine verlässlichen Daten über deren potentielle gesundheitliche Gefahren vorliegen, sind für diese erst wenige Arbeitsplatzgrenzwerte vorgeschlagen worden. Einigkeit besteht unter Arbeitsmedizinerinnen und Arbeitsmedizinern darüber, dass es sinnvoll und notwendig ist, durch zusätzliche Schutzmaßnahmen die Arbeitsplatzbelastungen durch Nanomaterialien zu minimieren.

In einer groben Klassifizierung gelten unlösliche und biobeständige (persistente) Nanofasern (wie z.B. Kohlenstoffnanoröhrchen) als besonders risikoreiche Nanomaterialien, aber auch Nanopartikel, deren Grundsubstanz krebserzeugend, erbgutverändernd, fortpflanzungsgefährdend (CMR-Stoffe) oder asthmaauslösend ist.

Erläuterungen

Was bedeutet „Arbeitsplatzgrenzwert“?

Ein 'Arbeitsplatzgrenzwert (AGW)' gibt an, wie hoch die Konzentration eines Stoffes in der Luft am Arbeitsplatz sein kann, ohne dass dies zu gesundheitlichen Schäden für die Beschäftigten führen wird, wenn sie diesen Stoffen über die gesamte Arbeitszeit (8 h je Tag, 5 Tage pro Woche, über die gesamte Lebensarbeitszeit) ausgesetzt sindⁱ. In englischsprachigen Ländern wird dafür der Begriff 'OEL-occupational exposure limit' verwendet. Als Maßeinheit für Arbeitsplatzgrenzwerte werden Partikel je Kubikzentimeter (cm³), oder auch deren Gewicht, gemessen in Milligramm (mg = 10⁻³ g) oder Mikrogramm (µg = 10⁻⁶ g) je m³ verwendet.

Wozu dienen Arbeitsplatzgrenzwerte?

Arbeitsplatzgrenzwerte helfen dabei, Risiken von möglicherweise schädigenden Materialien abschätzen zu können. International sind seit fast 100 Jahren Arbeitsplatzgrenzwerte für eine Reihe von Chemikalien festgelegt worden – in Österreich erstmals 1979 als MAK-Werte-Liste veröffentlicht. Eine Analyse der Belastungen durch Stäube und Dämpfe, die an europäischen und US-amerikanischen Arbeitsplätzen seit 1940 gemessen wurdenⁱⁱ, ergab, dass die Festlegung strengerer Grenzwerte - und deren Kontrolle - dazu geführt hat, dass die Belastungen, sowie auch die Anzahl der damit verbundenen Erkrankungen, an Arbeitsplätzen kontinuierlich abnehmen.

Wie entstehen Arbeitsplatzgrenzwerte?

Um Arbeitsplatzgrenzwerte für bestimmte Stoffe festzulegen, wird meist untersucht, welche Erkrankungen bei den Personen auftraten, die über lange Zeiten diesen Stoffen ausgesetzt waren. Wenn dazu keine ausreichenden Daten vorliegen, werden Erkenntnisse aus Versuchsreihen mit Tieren, zumeist mit Mäusen, herangezogen. Um daraus auf Expositionsbedingungen und resultierenden Belastungen an industriellen Arbeitsplätzen schließen zu können, müssen Korrekturfaktoren angewendet werden, die Unterschiede bei Körpergewicht, Lungenoberfläche, und Dauer der Belastung berücksichtigen. Da diese nicht exakt bestimmbar sind, weisen auch die errechneten Arbeitsplatzgrenzwerte Unsicherheiten auf. Viele Werte sind zudem seit Jahrzehnten nicht mehr aktualisiert worden, und auch die OSHA, die Arbeitsschutzbehörde der USA macht darauf aufmerksam, dass die bisher verwendeten Werte "... in vielen Fällen nicht mehr aktuell sind und keinen ausreichenden Schutz für die Gesundheit der Arbeitenden bieten" ⁱⁱⁱ.

Schwierigkeiten bei der Festlegung von Grenzwerten für Nanomaterialien

Die Festlegung von Grenzwerten für Nanomaterialien, die seit etwa zwei Jahrzehnten in vielen unterschiedlichen Varianten produziert werden, bringt besondere Herausforderungen mit sich, da es bislang kaum standardisierte Mess- und Nachweismethoden gibt. Zusätzlich fehlen Erfahrungsberichte über (langfristige) gesundheitliche Auswirkungen. In Tierversuchen oder bei *in vitro* Studien finden sich jedoch klare Hinweise möglicher Schädigungen nach Aufnahme bestimmter Nanomaterialien ^{iv}. Nanopartikel sind – im Vergleich zu größeren Stäuben – in der Lage biologische Membranen leichter zu durchdringen und Gewebeveränderungen hervorzurufen. Die Wirkung einer bestimmten Menge eines Nanomaterials kann schädlicher sein als die der gleichen Menge des chemisch identen Fein- oder Grobstaubes ^v. Wird die spezifische Partikeloberfläche als Bezugsgröße genommen, wird der Unterschied zwischen den Auswirkungen von Nanomaterialien und nicht-Nanoformen noch größer.

Wege zu Grenzwert-Vorschlägen für Nanomaterialien

Forscher des Finnischen Instituts für Arbeitsplatzgesundheit FIOH haben Möglichkeiten beschrieben, um nanospezifische Grenzwerten abzuleiten ^{vi}:

- (1) Toxische Eigenschaften von bekannten Substanzen sollten auch für strukturell ähnliche Nano-Substanzen angenommen werden – so sollten z.B. für die bio-beständigen und sehr dünnen Nano-Kohlenstoffröhrchen die gleichen niedrigen Grenzwerte (0.01 Fasern/ml) vorgeschlagen werden wie für die gesundheitsgefährlichen Asbestfasern.
- (2) Wenn es sich um als gesundheitsschädlich bekannte chemische Substanzen, wie etwa die CMR-Stoffe handelt, so sollten für Nanomaterialien der gleichen chemischen Zusammensetzung Grenzwerte gelten, die aus Sicherheitserwägungen um den Faktor 10 niedriger sind ^{vii},
- (3) Im Hinblick auf nur schwer lösliche oder unlösliche Substanzen, die nicht zur Gruppe der CMR-Stoffe gehören, wird angeregt, die Nano-Grenzwerte um einen Faktor 15 niedriger anzusetzen. Damit soll nach Ansicht des British Standard Institute (BSI) berücksichtigt werden, dass solche Nanopartikel nach Inhalation weitaus länger in biologischen Geweben verbleiben und dort Schäden verursachen können. Für lösliche Nanomaterialien schlägt das BSI einen Sicherheitsfaktor von 2 vor ^{vi}.

Vorschläge für einige Kategorien von nanospezifischen Grenzwerten

Aus Daten des IFA (Deutsches Institut für Arbeitsschutz der Gesetzlichen Unfallversicherung) wurden in den Niederlanden Vorschläge für sogenannte NRV - 'Nano Reference Values' gewonnen^{viii}, die als Orientierung für mögliche Risikoklassen hilfreich sind:

1) Tabelle 1 Übersicht von nanospezifischen Grenzwerten.

Beschreibung	Dichte	NRV (Mittelwert 8h)	Beispiele
Feste und biobeständige Nanofasern	-	0.01 Fasern cm ⁻³	SWCNT oder MWCNT oder Metall-Oxid-Fasern
Biobeständige granulare Nanomaterialien 1 - 100 nm	> 6000 kg m ⁻³	20,000 Partikel cm ⁻³	Ag, Au, CeO ₂ , CoO, Fe, Fe _x O _y , La, Pb, Sb ₂ O ₅ , SnO ₂
Biobeständige granulare oder faserförmige Nanomaterialien 1 - 100 nm	< 6000 kg m ⁻³	40,000 Partikel cm ⁻³	Al ₂ O ₃ , SiO ₂ , TiN, TiO ₂ , ZnO, Nanoton, Feinruß, C ₆₀ , Polystyrol, Dendrimere
Nicht biobeständige granulare Nanomaterialien im Bereich 1 nm - 100 nm	-	Reguläre Arbeitsplatzgrenzwerte	z.B. : Fette, Kochsalz (NaCl)

Vorschläge für einige provisorische spezifische Grenzwerte

Zwar existieren für die meisten Feinstäube und Nanostäube noch keine verbindlichen Arbeitsplatzgrenzwerte^{ix}, doch wurden für einige Nanosubstanzen bereits neue und – im Vergleich zu nicht-nanoskaligen Substanzen – deutlich niedrigere Grenzwert-Empfehlungen vorgeschlagen:

- So werden in den USA Belastungen durch Kohlenstoff-Nanoröhrchen auf weniger als 0.001 mg/m³ beschränkt^x.
- Für Nano-TiO₂ gilt nach einem Vorschlag der U.S. NIOSH^{xi} ein Grenzwert von nur mehr 0.300 mg/m³.
- Für Quarzfeinstaub hat die NIOSH 2016 einen Grenzwert von nur mehr 0.025 mg/m³ festgelegt^{xii}.
- Auch die EU-Arbeitsschutzagentur OSHA hat auf die Risiken von kristallinem Quarzfeinstaub in inhalierbarer Form - 'respirable crystalline silica'- aufmerksam gemacht, für den das EU-Beratungsgremium 0.100 mg/m³ als Grenzwert vorschlägt^{xiii}.
- In Deutschland gilt bereits seit Sommer 2016 ein noch niedrigerer Arbeitsplatzgrenzwert von nur mehr 0.050 mg/m³ für Quarzfeinstaub.
- Ab 2018 soll in Deutschland nach einem Vorschlag der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin BAuA der Grenzwert für Tonerpulver auf nur 0.006 mg/m³ herabgesetzt werden.
- Von der U.S. NIOSH ist Ende September 2018 eine Ausarbeitung über die gesundheitlichen Risiken durch Nanosilber vorgelegt worden. Die NIOSH schlägt für das ihrer Ansicht nach toxikologisch besonders wirksame Nanosilber einen Arbeitsplatzgrenzwert von 0.0009 mg/m³ vor. Dies liegt deutlich unter dem bisher in den USA allgemein für Silber geltenden Arbeitsplatz-Grenzwert von 0.010 mg/m³. In Deutschland, Österreich und in der Schweiz sind sogar 0.100 mg/m³ Silber an Arbeitsplätzen zulässig.

Weiterführende Literatur Vorschläge:

Grenzwerteverordnung 2018 - GKV 2018, BGBl. II Nr.254/2018

Deveau M, Chen CP, Johanson G, et al. The Global Landscape of Occupational Exposure Limits—Implementation of Harmonization Principles to Guide Limit Selection. *J Occup Environ Hyg* 2015; 12 Suppl 1:S127-44. doi: 10.1080/15459624.2015.1060327

Anna-Kaisa Viitanen, Sanni Uuksulainen, Antti J Koivisto, Kaarle Hämeri, Timo Kauppinen; Workplace Measurements of Ultrafine Particles—A Literature Review, *Annals of Work Exposures and Health*, Volume 61, Issue 7, 1 August 2017, Pages 749–758, <https://doi.org/10.1093/annweh/wxx049>

ⁱ lt. EU-Richtlinie (EU) 2017/164 : » *Arbeitsplatz-Richtgrenzwerte sind gesundheitsbasierte, vom SCOEL [dem von der EU-Kommission 2014 eingesetzten 'Wissenschaftlichen Ausschuss für Grenzwerte berufsbedingter Exposition'] aus den neuesten wissenschaftlichen Daten abgeleitete und von der Kommission unter Berücksichtigung der verfügbaren Messtechniken festgelegte Werte. Sie stellen Expositionsgrenzen dar, unterhalb deren im Allgemeinen für einen chemischen Arbeitsstoff nach kurzfristiger oder täglicher Exposition während des Erwerbslebens keine schädlichen Auswirkungen zu erwarten sind. ... (dies ist) ein Grenzwert für die zeitlich gewichtete durchschnittliche Konzentration [über einen Zeitraum von acht Stunden gemittelt] eines chemischen Arbeitsstoffs in der Luft im Atembereich eines Arbeitnehmers in Bezug auf einen gegebenen Referenzzeitraum.* «, <https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/fa045aac-e847-11e6-ad7c-01aa75ed71a1/language-de>

ⁱⁱ K.S. Creely, H. Cowie, M. Van Tongeren M, et al.: Trends in inhalation exposure - a review of the data in the published scientific literature, *Ann Occup Hyg* (2007), Vol. 51, No. (8), pp. 665 - 678, <https://academic.oup.com/annweh/article/51/8/665/204886> (open access)

ⁱⁱⁱ U.S. OSHA: Permissible Exposure Limits (accessed Sept. 16, 2018), <https://www.osha.gov/dsg/annotated-pels/>

^{iv} U.S. CDC - NIOSH: Approaches to Safe Nanotechnology: Managing the Health and Safety Concerns Associated with Engineered Nanomaterials, (March 2009), DHHS (NIOSH) Publication No. 2009-125, <https://www.cdc.gov/niosh/docs/2009-125/pdfs/2009-125.pdf>

^v T. Gebel, H. Foth, G. Damm et al.: Manufactured nanomaterials: categorization and approaches to hazard assessment, *Archives of toxicology* (2014), Vol. 88, No. 12, pp. 2191 - 2211, <https://link.springer.com/article/10.1007/s00204-014-1383-7> (kostenpflichtig)

... und auch:

National Institute for Occupational Safety and Health - NIOSH: Current Intelligence Bulletin 63 - Occupational Exposure to Titanium Dioxide (April 2011), 140 p., <https://www.cdc.gov/niosh/docs/2011-160/pdfs/2011-160.pdf>

^{vi} Jos Verbeek, Raluca Mihalache (FIOH-Finland): The Art and Science of OEL's for Nanomaterials, in: NIOSH Science Blog (Feb. 1, 2017), <https://blogs.cdc.gov/niosh-science-blog/2017/02/01/nano-oels/>

^{vii} British Standards Institute BSI: Nanotechnologies - Guide to safe handling and disposal of manufactured nanomaterials, Doc. PD 6699-2:2007 (2007), 32 p., <http://www3.imperial.ac.uk/pls/portallive/docs/1/34683696.PDF>

^{viii} B. Hendrikx, P. van Broekhuizen:

'Nano reference values in the Netherlands',

in: Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft. 73 (2013) Nr. 10, S. 407 – 414

www.gefahrstoffe.de/library/common/X075en.pdf

^{ix} SAFENANO-Website:

Are there any workplace safety levels (e.g. OELs) for nanomaterials ? (*abgerufen am 8. Aug. 2018*),

[http://www.safenano.org/knowledgebase/resources/faqs/are-there-any-workplace-safety-levels-\(eg-oels\)-for-nanomaterials/](http://www.safenano.org/knowledgebase/resources/faqs/are-there-any-workplace-safety-levels-(eg-oels)-for-nanomaterials/)

^x U.S. Nano.gov - National Nanotechnology Initiative:

NIOSH Recommends New Levels of Exposure for Nanomaterials, (April 2013),

<https://www.nano.gov/node/1008>

.. National Institute for Occupational Safety and Health - NIOSH:

Current Intelligence Bulletin 65 - Occupational Exposure to Carbon Nanotubes and Nanofibers, (184 p.),

<https://www.cdc.gov/niosh/docs/2013-145/>

^{xi} National Institute for Occupational Safety and Health - NIOSH:

Current Intelligence Bulletin 63 - Occupational Exposure to Titanium Dioxide (April 2011), 140 p.,

<https://www.cdc.gov/niosh/docs/2011-160/pdfs/2011-160.pdf>

^{xii} U.S. OSHA: Standard No., 1926. 1153 - Respirable crystalline silica (March 2016),

<https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1926/1926.1153>

^{xiii} EU-Commission / Senior Labour Inspectors' Committee (SLIC):

Guidance for National Labour Inspectors on addressing risks from worker exposure to respirable crystalline silica (RCS) on construction sites, (Oct. 2016), 40 p.,

<https://osha.europa.eu/en/guidance-national-labour-inspectors-on-addressing-risks-from-worker-exposure-to-respirable-crystalline-silica>