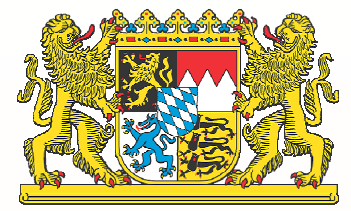


Charakterisierung von Expositionen gegenüber Nanopartikeln im Bereich des Arbeitsschutzes (NanoExpo I)



K. Berlin¹, W. Matzen¹, S. Dietrich¹, R. Winterhalter¹, M. Kohlhuber¹, W. Völkel¹, R. Schierl² und H. Fromme¹

¹Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit, Sachgebiet Chemikaliensicherheit und Toxikologie, Pfarrstraße 3, 80538 München

²Klinikum der Universität München, Institut und Poliklinik für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin, Siemensstraße 1, 80336 München

Hintergrund

Neben natürlichen Quellen wie Vulkanasche stellen anthropogene Quellen (z.B. Verbrennungsprozesse) eine wichtige Aerosolquelle dar. Die Partikel sind durch ihre chemische Zusammensetzung und ihre Größe charakterisiert. Insbesondere der Ultrafeinstaub birgt besondere gesundheitliche Risiken.

Im Zeitalter der Nanotechnologie kommt in zunehmendem Maße die mögliche Exposition durch nanoskalige Materialien an Arbeitsplätzen hinzu. Hierbei kann es bei der Herstellung, Verarbeitung und Verwendung von synthetischen Nanopartikeln (NP) mit Durchmessern < 100 nm ohne entsprechende Schutzmaßnahmen zur Exposition kommen. Im Augenblick ist die tatsächliche Exposition gegenüber diesen synthetischen Nanopartikeln im Bereich von Arbeitsplätzen noch weitgehend unbekannt.

Im Rahmen dieser Studie wurde die Exposition an insgesamt neun verschiedenen Arbeitsplätzen untersucht: Umgang mit NP (Ruß, Zeolithe, Herstellung von Emulsionen, Lackversiegelung), Herstellung von NP (carbon nano tubes) und Arbeitsplätze, bei denen NP ungewollt entstehen können (Druckerei, Schweißen). Dazu wurden die Partikelkonzentrationen und die Größenverteilungen bestimmt.

Methoden

- Einatembare (E-Staub) und alveolengängiger (A-Staub) Staub (D_p : 0,30 bis 20 μm): Streulichtmessung (Grimm OPC 1.108)
- Gesamtpartikelanzahl > 3 nm: TSI CPC 3025
- Größenverteilungen (D_p : 5 - 350 nm) im unmittelbaren Arbeitsbereich („tätigkeitsbezogen“), Hintergrundwerte der Außenluft und im Luftzug hin zum Arbeitsbereich („raumbezogen“): drei SMPS-Systeme (Grimm 5.400).
- Explorative Untersuchungen mit tragbarem Partikelzähler (TSI 3007, $D_p > 10$ nm) im Untersuchungsbereich, Hauptaugenmerk auf Exposition der Beschäftigten

Ergebnisse

Die maximalen Partikelkonzentrationen der jeweiligen Arbeitsbereiche und Tätigkeiten sind in **Tabelle 1** zusammengefasst. Eine ausführlichere Darstellung der Messungen erfolgt anhand zweier Beispiele.

Tabelle 1: Maximale Partikelanzahlkonzentrationen in den untersuchten Arbeitsbereichen („tätigkeitsbezogen“) und den zugehörigen Arbeitsräumen („raumbezogen“)

Arbeitsbereich	Tätigkeit	Maximale Partikelanzahlkonzentration D_p : 5 - 350 nm [cm^{-3}]	
		Tätigkeitsbezogen	Raumbezogen
Herstellung von Emulsionen (SiO_2 , TiO_2 , ZnO)	Maschinelles Einrühren	17.000	16.000
	Umgehung der Schutzmaßnahme (schnelleres Rühren)	18.000	19.000
	Manuelles Einfüllen	12.000	9.000
Lackversiegelung mit Nanoprodukten (Werkstatt 1)	Typische Werkstattarbeiten (ohne Schweißen)	16.000 - 85.000	15.000 - 75.000
	Anwendung Nanopolitur	40.000 - 50.000	40.000 - 75.000
Lackversiegelung mit Nanoprodukten (Werkstatt 2)	Typische Werkstattarbeiten (ohne Schweißen)	240.000 - 270.000	
	Anwendung Nanopolitur	Ölbeheizung der Hallenheizung	
Prüfstand Partikelfilter (Russpartikel)	Prüfstand ohne Russeinblasung	9.600	10.000
	Prüfstand mit Russeinblasung	17.000	10.000
	Russabfüllung (nachts, Abschalten der Lüftung)	65.000	65.000
Herstellung von Nanomaterialien (Zeolithe)	Manuelles Zerkleinern (Reibschale)	1.200	Hohe Luftwechselrate Hintergrundkonzentration: 600 - 800
	Öffnen von Produktflaschen	22.000	
Herstellung von Kohlenstoffnanoröhrchen Arbeiten im Abzug	Einbringen von Katalysator und Ausgangsstoffen	1.200 - 2.500	Hohe Luftwechselrate Hintergrundkonz. < 10
Herstellung von Nanomaterialien (Kaolin)	Anlage ohne Material	40.000	10.000 - 36.000
	Anlage mit Material	40.000	
	Separierabscheider ohne Material	15.000	
Druckerei („ungerichtete Tätigkeit“)	Separierabscheider mit Material	45.000	10.000 - 36.000
	Laserdrucker ohne Lasereinheit	4.000	
	Laserdrucker mit Lasereinheit	5.000	
Schweißen („ungerichtete Tätigkeit“)	Abschalten der Absauganlage nachts		60.000 - 110.000
	Schweißen	150.000-1.000.000	150.000 - 450.000

Beispiel 1: Herstellung von Dispersionen mit Nanopartikeln

Der zeitliche Verlauf der Partikelanzahlkonzentration während des Arbeitsprozesses ist in **Abb. 1** dargestellt. Schutzmaßnahmen: Partikel filternde Halbmasken, Einstellung der Verarbeitungsgeschwindigkeit, so dass es zu keiner Aufwirbelung der Partikel kommt. Beim Ansatz der Dispersionen werden Konzentrationen von bis zu 10.000 Partikel/ cm^3 erreicht (**Abb. 2**). Beim schnelleren Rühren (Umgehen der Schutzmaßnahmen) werden dagegen Konzentrationsspitzen von über 250.000 Partikel/ cm^3 gemessen (**Abb. 3**). Die Massenkonzentrationen der alveolengängigen und einatembaren Staubfraktion lagen stets unter 10% des Arbeitsplatzgrenzwertes. Nach TRGS 402 Kapitel 5.2.2 (4) Absatz 1 ist der Befund daher: „Schutzmaßnahmen ausreichend“.

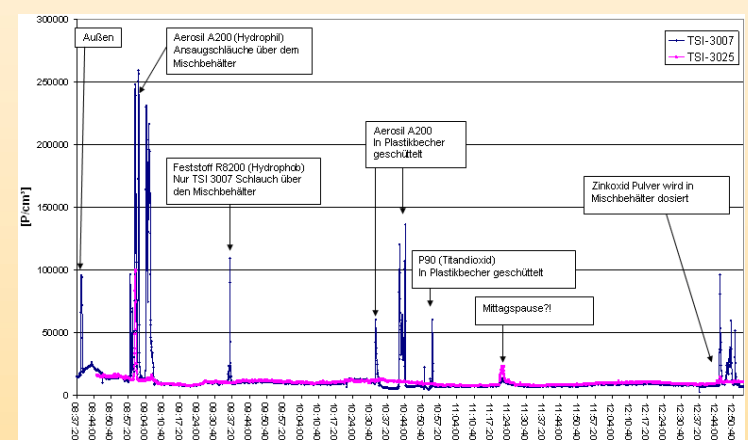


Abb. 1: Partikelkonzentration bei Dispersionsherstellung. Arbeitsbereich (blau), Hintergrund (magenta)

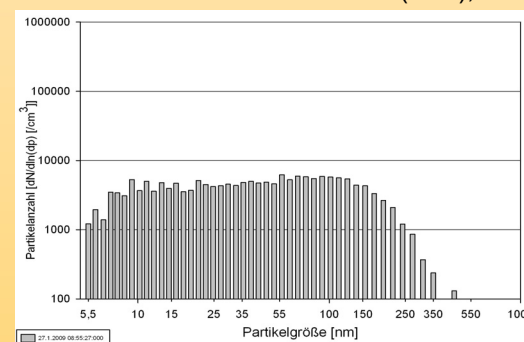


Abb. 2: Partikelgrößenverteilung beim normalen Einrühren

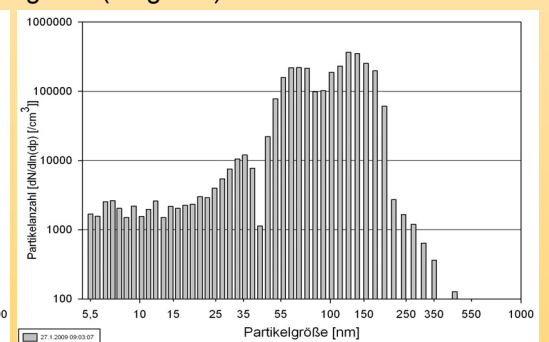


Abb. 3: Partikelgrößenverteilung beim schnelleren Einrühren

Beispiel 2: Unbeabsichtigt erzeugte Nanopartikel beim Schweißen

Abb. 4 zeigt die Gesamtpartikelkonzentration an einem Schweißarbeitsplatz. Beim Schweißen (aus Sicht eines Schweißhelfers) wurden mehr als 300.000 Partikel/ cm^3 gemessen, die Größenverteilung ist in **Abb. 5** dargestellt. Die Schweißler tragen zum Schutz z.B. Airstreamhelme, die Schweißhelfer dagegen nicht.

Die Massenkonzentrationen der alveolengängigen und der einatembaren Fraktion lagen oftmals über 25% des Arbeitsplatzgrenzwertes. Nach TRGS 402 Kapitel 5.2.2 (3) Absatz 5 ist der Befund „Schutzmaßnahmen ausreichend“ für Schweißhelfer ohne Schutzausrüstung aufgrund der Erfahrungen mit vergleichbaren Arbeitsplätzen nicht möglich.

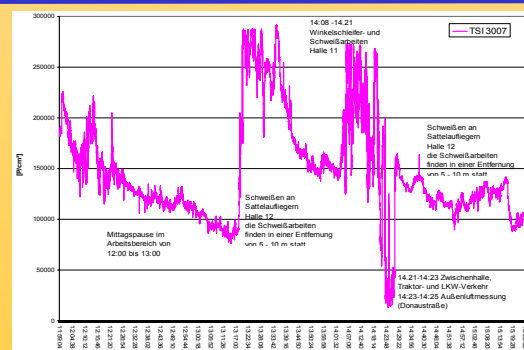


Abb. 4: Gesamtpartikelkonzentration an einem Schweißarbeitsplatz (TSI 3007)

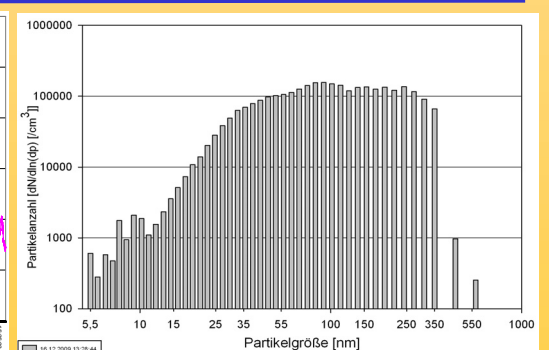


Abb. 5: Partikelgrößenverteilung beim Schweißen (Exposition Schweißhelfer)

Diskussion und Schlussfolgerungen

- „Gerichteter“ Umgang mit synthetischen NP: Angemessene Schutzmaßnahmen können mit den Mitarbeitern erarbeitet werden, die die Exposition wirksam reduzieren.
- „Ungerichtete“ Tätigkeiten: Oftmals Expositionen gegenüber hohen Partikelkonzentrationen; Expositionsquellen sollten minimiert werden.
- Im Rahmen des Projektes fand nur eine Betrachtung der Partikelanzahlkonzentrationen und der Größenverteilung statt. Weitere Untersuchungen sind notwendig: Bestimmung der Morphologie und der chemischen Zusammensetzung der NP (z.B. mittels Elektronenmikroskopie in Verbindung mit energiedispersiver Röntgenspektroskopie).