

## SAA APM 02: Vorgehensweise bei der Auswertung der Messdaten zur Bestimmung der durch den Arbeitsprozess freigesetzten Partikel - im Rahmen von NanoCare

### Datum

26. August 2008

### Version

1.1 Deutsch

### Inhalt

1	Zweck	2
2	Auswertemethodik	2
2.1	Vorgehensweise bei der Auswertung	2
2.2	Unsicherheitsberechnung	4

# SAA APM 02: Vorgehensweise bei der Auswertung der Messdaten zur Bestimmung der durch den Arbeitsprozess freigesetzten Partikel – im Rahmen von NanoCare

## 1 Zweck

Zweck dieser Standardarbeitsanweisung ist die Beschreibung der Auswertung der gewonnenen Daten aus den Partikelmessungen an Arbeitsplätzen zum Nachweis von freigesetzten Produktnanopartikeln.

## 2 Auswertemethodik

Absolute Werte (z. B. Partikelanzahlkonzentrationen) bei den Arbeitsaktivitäten sind im Rahmen von NanoCare nicht relevant, sondern müssen mit Werten in Bezug gesetzt werden, die in Zeiträumen ohne Arbeitsaktivitäten bzw. wo möglich mit Arbeitsaktivität ohne Nanopartikelzusatz ermittelt wurden bzw. die einen Bezug zu den von außerhalb des Prozess- oder Arbeitsbereichs eingetragenen Partikelkonzentrationen erlauben. Es wird davon ausgegangen, dass Partikel vom Außenbereich oder einer Vergleichsstation in den zu vermessenden Arbeitsbereich gelangen und somit das Messergebnis beeinflussen können. Der Einfluss von Außen ist beispielsweise abhängig von verschiedenen Umwelteinflüssen, von anderen Arbeitstätigkeiten (Schweißarbeiten, Reinigungsarbeiten, usw.) und auch Emissionen von anderen Fahrzeugen (gas- oder dieselbetriebene Gabelstapler, LKW, usw.). Generell gilt die Annahme, dass eine Vergleichsstation repräsentativ für die Bestimmung der Hintergrundbelastung des eigentlich zu untersuchenden Arbeitsbereichs ist. Diese Annahme, dass die Randbedingungen während der Messungen ohne spezifische Arbeitsaktivität gleich sind zu dem Zeitraum während der Messung mit Arbeitsaktivität, ist jedes Mal sorgfältig zu prüfen (Plausibilitätsprüfung). Messwerte, die auf spezielle Ereignisse in der Nähe des Vergleichsstandorts zurückgeführt werden können und großen Einfluss auf die Datenauswertung haben, werden zur Auswertung und Dateninterpretation nicht herangezogen, d.h. das alle Daten über den entsprechenden Zeitraum nicht zur Auswertung verwendet werden.

### 2.1 Vorgehensweise bei der Auswertung

- Die Messdaten werden nach den SAAs der jeweiligen Messgeräte exportiert und in einem Tabellenkalkulationsprogramm aufbereitet.
- Alle Messergebnisse der Partikelmessgeräte (z. B. SMPS, FMPS, NSAM, CPC) sind auf eine einheitliche Mittelungsdauer anzupassen.
- Wurden bei den Messungen Schläuche und Messlanzen verwendet, entstehen insbesondere bei den Messgeräten mit kleinem Probenahmestrom und kleiner Aerosolgeschwindigkeit wie im Rahmen von NanoCare beim SMPS, diffusionsbedingte Partikelverluste an Oberflächen. Diese Partikelverluste sind nach den bekannten Formeln zu berechnen (z. B. nach *Hinds: Aerosol technology: properties, behavior, and measurement of airborne particles, 2<sup>nd</sup> Edition, New York, Wiley-Interscience, 1999*) und bei der weiteren Auswertung zu berücksichtigen bzw. zu korrigieren. Die entstehenden Partikelverluste im SMPS-Gerät können durch die Gerätesoftware korrigiert

## SAA APM 02: Vorgehensweise bei der Auswertung der Messdaten zur Bestimmung der durch den Arbeitsprozess freigesetzten Partikel – im Rahmen von NanoCare

werden, ebenso die Berücksichtigung von mehrfachgeladenen Partikeln (Multiple Charge Correction, siehe SAA APM 05).

- Die Messdaten aller Messgeräte werden gesichtet und evtl. Events bewertet und ggf. aussortiert. Dabei sind alle Messdaten zur Zeit des Events zu entfernen, damit immer gleiche Messzeiträume verglichen werden.
- Für den überlappenden Partikelgrößenbereich der Messgeräte des Innenbereichs (Arbeitsplatz) und Außenbereichs (Vergleichsstandort) werden die mittleren Partikelanzahlkonzentrationen je Größenklasse des Innen- und Außenbereichs für die entsprechenden Zeiträume (Messung ohne Aktivität am Arbeitsplatz bzw. mit Arbeitsaktivität ohne Nanopartikelzusatz und Messung mit Aktivität am Arbeitsplatz, siehe SAA APM 01) ins Verhältnis gesetzt. Die Partikelgrößenbereiche der jeweiligen Größenklassen müssen hierbei für beide Messungen (Vergleichsstandort und Arbeitsplatz) identisch sein bzw. angepasst werden.

$$V_{\text{ohne Aktivität am AP}} = \frac{\text{Innen}_{\text{ohne Aktivität am AP}}}{\text{Außen}_{\text{ohne Aktivität am AP}}}$$

$$V_{\text{mit Aktivität am AP}} = \frac{\text{Innen}_{\text{mit Aktivität am AP}}}{\text{Außen}_{\text{mit Aktivität am AP}}}$$

- Hier ist insbesondere die Verhältnisbildung für den Zeitraum ohne Aktivitäten am Arbeitsplatz von Bedeutung. Wenn davon ausgegangen wird, dass durch den Arbeits- oder Herstellungsprozess keine Partikel freigesetzt werden, so müssen die Verhältnisse  $V_{\text{mit Aktivität am AP}}$  und  $V_{\text{ohne Aktivität am AP}}$  immer gleich sein. Dies bedeutet, dass sich mit dieser Annahme theoretische Hintergrundbelastungen des Innenbereichs berechnen lassen, die nur durch antransportierte Partikel der Außenluft bedingt sind, wenn die Außenluftkonzentrationen bekannt sind. Die Außenluftkonzentrationen werden am Vergleichsstandort im Außenbereich ermittelt. Diese theoretische Partikelkonzentration wird im Folgenden als  $\text{Sollwert}_{\text{Innen}}$  bezeichnet.

$$\text{Sollwert}_{\text{Innen}} = \frac{\text{Innen}_{\text{ohne Aktivität am AP}}}{\text{Außen}_{\text{ohne Aktivität am AP}}} \cdot \text{Außen}_{\text{mit Aktivität am AP}}$$

- Dieser berechnete  $\text{Sollwert}_{\text{Innen}}$  wird anschließend mit den tatsächlich im Arbeitsplatzbereich mit Aktivitäten am Arbeitsplatz gemessenen Konzentrationen ins Verhältnis gesetzt und als AktivVerhältnis bezeichnet.

$$\text{AktivVerhältnis} = \frac{\text{Innen}_{\text{mit Aktivität am AP}}}{\text{Sollwert}_{\text{Innen}}}$$

$$\text{AktivVerhältnis} = \text{Innen}_{\text{mit Aktivität am AP}} \frac{\text{Außen}_{\text{ohne Aktivität am AP}}}{\text{Innen}_{\text{ohne Aktivität am AP}} \cdot \text{Außen}_{\text{mit Aktivität am AP}}}$$

## SAA APM 02: Vorgehensweise bei der Auswertung der Messdaten zur Bestimmung der durch den Arbeitsprozess freigesetzten Partikel – im Rahmen von NanoCare

- Die bei dieser Verhältnisbildung für die verschiedenen Partikelgrößenklassen erhaltenen Werte sind dann
  - größer als 1, wenn Partikel am Arbeitsplatz freigesetzt wurden,
  - gleich 1, wenn keine Partikel freigesetzt wurden,
  - kleiner als 1, wenn
    - eine Partikeldeposition oder –entfernung stattfand,
    - ein Prozess und damit Partikelemissionen während der Messungen im Innenbereich ohne Aktivität am AP stattfanden, diese Partikelemissionen bei den Messungen im Innenbereich mit Aktivität am AP aber nicht mehr stattfanden. (Partikelemissionen während der Messungen ohne Aktivität am Arbeitsplatz sollten immer vermieden werden, können allerdings nicht absolut ausgeschlossen werden. Beispiel: geänderte Luftwechselraten)
    - Wert signifikant < 1 bedeutet Repräsentativität der Vergleichsmessungen war nicht gegeben → Beurteilung der Konsequenzen
- Zusätzlich können die Partikelkonzentrationen möglicher Freisetzungen als Absolutwert bestimmt werden, indem die Differenz zwischen der tatsächlich gemessenen Arbeitsplatzkonzentration während der Aktivität am AP und dem  $Sollwert_{Innen}$  berechnet wird. Dieser Wert wird als AktivAbsolut bezeichnet. Die Unsicherheiten bei dieser Berechnung werden gesondert in Kapitel 2.2 betrachtet.

$$AktivAbsolut = Innen_{mit\ Aktivität\ am\ AP} - Sollwert_{Innen}$$

$$AktivAbsolut = Innen_{mit\ Aktivität\ am\ AP} - \frac{Innen_{ohne\ Aktivität\ am\ AP} \cdot Außen_{mit\ Aktivität\ am\ AP}}{Außen_{ohne\ Aktivität\ am\ AP}}$$

- Die freigesetzte Partikelkonzentration an Nanopartikeln wird durch Integration bis 100 nm bzw. 450 nm der AktivAbsolutwerte berechnet. Hierbei ist immer die untere Partikelgrößengrenze anzugeben!

### 2.2 Unsicherheitsberechnung

- Unsicherheit der Messgeräte  
Um einen Gleichlauf der Partikelmessgeräte sicherzustellen, wurden die Messgeräte vor und nach der Messkampagne an dem Vergleichsstandort parallel betrieben. Die Ergebnisse der Vergleichsmessungen können zusammenfassend dargestellt werden. Die Unsicherheiten  $u(Messgerät)$  der Verhältnisse lassen sich damit für jeden Größenkanal der Partikelmessgeräte bestimmen.
- Unsicherheit der Messungen Innen zu Außen  
Durch die Verlagerung einer Messstelle an den Arbeitsplatz entstehen Unsicherheiten bei dem Vergleich der Messungen von Innen zu Außen. Es wird die Annahme einer konstanten Unsicherheit  $u(Messung)$  von 50 % für diese Messungen getroffen.

Unter Berücksichtigung dieser Einzelunsicherheiten lassen sich, abhängig vom Partikelgrößenkanal des Messgeräts, die Grenzen des Gesamtunsicherheitsbereichs  $u(Gesamt)$

## SAA APM 02: Vorgehensweise bei der Auswertung der Messdaten zur Bestimmung der durch den Arbeitsprozess freigesetzten Partikel – im Rahmen von NanoCare

bestimmen:

$$u_{\text{Obere Grenze}}(\text{Gesamt}) = \frac{u_{\text{obere}}(\text{Messung Innen/ Außen})}{u_{\text{untere}}(\text{Messung Innen/ Außen})} \cdot u_{\text{obere}}(\text{Messgeräte})$$

$$u_{\text{Untere Grenze}}(\text{Gesamt}) = \frac{u_{\text{untere}}(\text{Messung Innen/ Außen})}{u_{\text{obere}}(\text{Messung Innen/ Außen})} \cdot u_{\text{untere}}(\text{Messgeräte})$$

Mit den aus den Vergleichsmessungen ermittelten Verhältnisunsicherheiten der Messgeräte und den Unsicherheiten durch die Messstellenverlagerungen ergeben sich für die Bildung der Verhältnisse aus den Messungen für den Innen- und Außenbereich partikelgrößenabhängige Werte für die obere und untere Unsicherheitsgrenze.

Als signifikant werden damit erst Verhältnisse angesehen, die außerhalb (über oder unter) dieses Unsicherheitsbereichs (Signifikanzgrenzen) liegen.