



FÜR EIN GESUNDES BERUFSLEBEN



**BGW**

Berufsgenossenschaft  
für Gesundheitsdienst  
und Wohlfahrtspflege

# Impressum

## **Partikelmessungen in einer klinischen TCM-Abteilung**

Stand 02/2009

© 2009 Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienst  
und Wohlfahrtspflege – BGW

### **Autor**

Dipl.-Ing. Matthias Kaul, Bergische Universität Wuppertal

Dipl.-Ing. Qian Zhang, Bergische Universität Wuppertal

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Eberhard Schmidt, Bergische Universität Wuppertal

### **Herausgeber**

Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienst  
und Wohlfahrtspflege – BGW

Hauptverwaltung

Pappelallee 35/37

22089 Hamburg

Telefon: (040) 202 07 - 0

Telefax: (040) 202 07 - 24 95

[www.bgw-online.de](http://www.bgw-online.de)

### **Bestellnummer**

EP-TCM

### **Redaktion**

Susanne Stamer, BGW, Grundlagen der Prävention und Rehabilitation

# Inhalt

1	Einleitung.....	4
2	Beschreibung der örtlichen Gegebenheiten .....	4
3	Beschreibung der Messgeräte.....	5
4	Beschreibung der Moxa-Zigarren .....	6
5	Durchführung der Messung.....	7
6	Darstellung der Messergebnisse und deren Interpretation.....	9

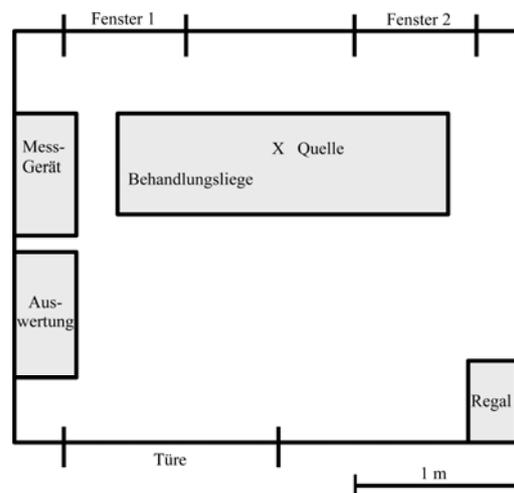
# 1 Einleitung

Der vorliegende Bericht befasst sich mit der Messung der Partikelkonzentration und Partikelgrößenverteilung in einer klinischen Abteilung für Traditionelle Chinesische Medizin (TCM), die die Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienst und Wohlfahrtspflege (BGW) dem Fachgebiet Sicherheitstechnik/Umweltschutz in Auftrag gegeben hat. Es handelt sich hierbei um Partikelemissionen, die während der medizinischen Behandlung (Akupunktur) durch Anzünden von Moxa-Zigarren entstehen.

Die Messung wurde am 12.02.2009 in dieser klinischen TCM-Abteilung durchgeführt. Ein Behandlungsraum und weitere Materialien zur Durchführung der Moxibustion, die zum Simulieren der Partikelemissionen bei gewöhnlichen Behandlungsbedingungen einer Moxibustion dienen, wurden von der TCM-Abteilung zur Verfügung gestellt.

## 2 Beschreibung der örtlichen Gegebenheiten

In Abbildung 1 sind die Ausstattungen in dem Behandlungsraum zur Moxibustion dargestellt. Der Raum hat ein Volumen von 19,06 m<sup>3</sup> ( $B \times T \times H = 3,05 \text{ m} \times 2,5 \text{ m} \times 2,5 \text{ m}$ ). Es ist keine Lüftungsanlage in dem Raum vorhanden. Mit abgeschlossenen Fenstern und Türe findet die Raumluftbewegung hauptsächlich aufgrund freier Konvektion, die die zwei Heizkörper unter den Fenstern hervorrufen, statt. Die Raumtemperatur lag zwischen 25°C und 26°C während der Messung.



**Abbildung 1** Ausstattungen in dem Behandlungsraum zur Moxibustion und die Positionierung der Messeinrichtungen

### 3 Beschreibung der Messgeräte

Die Messungen der Partikelanzahlkonzentration zur Erstellung der anzahlbezogenen Partikelgrößenverteilung wurden mit dem *Grimm 5.403 SMPS+C System*, das die Partikelanzahlkonzentration im Größenbereich von 10 bis 1100 nm in 44 Größenklassen ermittelt, durchgeführt. Die Dauer einer Messung (Scan) über den kompletten Größenbereich beträgt 3 Minuten 18 Sekunden zzgl. 10 Sekunden Pause.

Die Massenkonzentration der Partikelfractionen zur Bewertung der gesundheitsbezogenen Schwebstaubbelastung (gemäß DIN ISO 7708) wurde mit dem Laser-Aerosol-Spektrometer *Grimm Dust Monitor 1.108*, der die Partikelkonzentration im Größenbereich von 0,3 bis 20 µm in 15 Größenklassen im 6-Sekunden-Takt misst, kontinuierlich überwacht.

Die Partikelanzahlkonzentration wurde zusätzlich mit dem Kondensationspartikelzähler *TSI 3007*, der die gesamte Partikelanzahlkonzentration (bis zu  $10^5$  P/cm<sup>3</sup>) im Größenbereich von 10 nm bis 1 µm im Sekundentakt ermittelt, überwacht. Aufgrund hoher Partikelanzahlkonzentration im vorliegenden Fall wurde das Gerät nur zum Detektieren rascher Änderung der Partikelkonzentration nach dem Anzünden einer Moxa-Zigarre verwendet. Abbildung 2 zeigt den Aufbau dieser Messgeräte (vgl. Abbildung 1).



**Abbildung 2** Aufbau der verwendeten Messgeräte

Der Höhenunterschied zwischen den Absaugsonden der einzelnen Messgeräte ist kleiner als 30 cm. Die höchste Absaugsonde (von *Grimm 5.403 SMPS+C System*) liegt nahezu auf derselben Höhe wie die Oberfläche der Behandlungsliege.

## 4 Beschreibung der Moxa-Zigarren

Abbildung 3 zeigt Photoaufnahmen der verschiedenen Moxa-Zigarren, die bei der Messung verwendet wurden. Die Angaben über diese Moxa-Zigarren sind in Tabelle 1 zusammengefasst.



Abbildung 3 Verwendete Moxa-Zigarren, von links nach rechts: Moxa-A, Moxa-B, Moxa-C

Tabelle 1 Zusammengefasste Angaben über die verwendeten Moxa-Zigarren

Bezeichnung	<b>Moxa-A</b>
Beschreibung	FENG SHOU I Medicated Moxibustion Stick
Spez. Gewicht	10,98 g/Stk. bzw. 1,15 g/cm
Hersteller/Expporteur	Changle Acupuncture & Moxibustion Supples Factory Fujian China
Bezeichnung	<b>Moxa-B</b>
Beschreibung	HUA TUO Pure Moxa Rolls For Mild Moxibustion
Spez. Gewicht	20,36 g/Stk. bzw. 0,98 g/cm
Hersteller/Expporteur	China National Medicines & Health Products Imp. & Exp. Corp. Hunan Branch
Bezeichnung	<b>Moxa-C</b>
Beschreibung	HUA FENG Chinese Moxa Coin
Spez. Gewicht	0,21 g/Stk. bzw. 0,21 g/cm
Hersteller/Expporteur	China Beijing Huafeng Medical Equipment

## 5 Durchführung der Messung

Die Moxibustion findet auf der Behandlungsliege in einer Moxibustionsbox (vgl. Abbildung 4) bzw. in anderer Variante (vgl. Abbildung 7) statt.



**Abbildung 4** Behandlungsliege und Moxibustionsbox (mit Siebboden) zur Durchführung einer Moxibustion

Insgesamt wurden fünf Messreihen durchgeführt:

- Messreihe zur Hintergrundmessung
- Messreihe zur Moxibustion mit Moxa-A
- Messreihe zur Moxibustion mit Moxa-B
- Messreihe zur Moxibustion mit Moxa-C
- Messreihe zur Überprüfung der Wiederholbarkeit der Messung

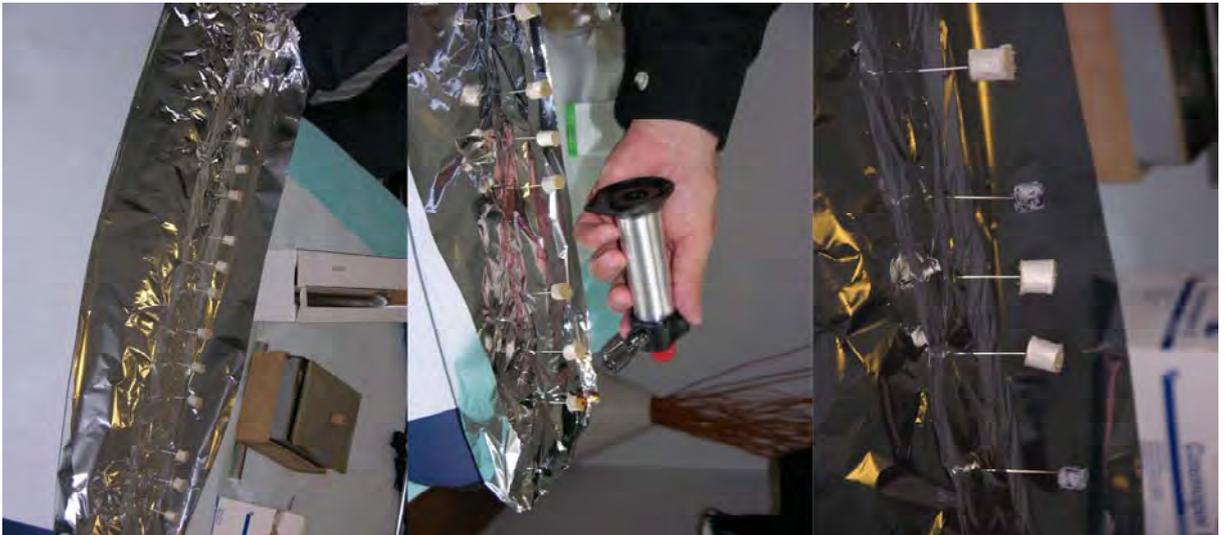
Die Hintergrundmessung wurde (wie üblich bei einer Behandlung mit Moxibustion) mit geschlossenen Fenstern und Türe ohne beaufsichtigendes Personal durchgeführt. Weitere Messreihen zur Moxibustion begannen mit dem Anzünden der zu testenden Moxa-Zigarren und endeten ca. 15 min bis 20 min nach dem Auslöschen der Moxa-Zigarren.



**Abbildung 5** Durchführung der Moxibustion mit Moxa-A: 1 x 2 cm Moxa-A, keine vollständige Verbrennung (knapp 1 cm Rest)



**Abbildung 6** Durchführung der Moxibustion mit Moxa-B: 2 × 3 cm Moxa-B, keine vollständige Verbrennung (knapp 2 × 1 cm Rest)



**Abbildung 7** Durchführung der Moxibustion mit Moxa-C: 15 × 1 cm Moxa-C, zeitversetzte Anzündung (alle 5 min jede dritte Zigarre), vollständige Verbrennung

Die Messreihe zur Überprüfung der Wiederholbarkeit der Messung wurde mit Moxa-B durchgeführt (die zweite Messreihe zur Moxibustion mit Moxa-B).

Zwischen zwei Messreihen wurde eine erzwungene Belüftung des Raumes durch Öffnen der Fenster und Türe durchgeführt. Eine ausreichend kleine Grundkonzentration ( $< 8000 \text{ P/cm}^3$ ) zur Durchführung nächster Messreihe wurde durch den Kondensationspartikelzähler *TSI 3007* kontrolliert.

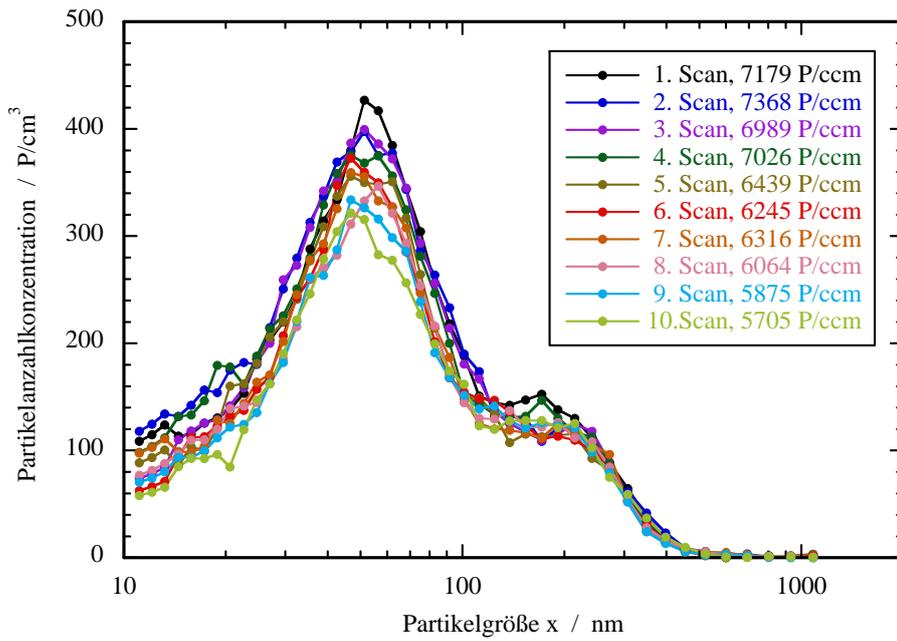
## 6 Darstellung der Messergebnisse und deren Interpretation

Im Folgenden sind Partikelanzahlkonzentrationen in Abhängigkeit der Partikelgröße, die zugehörige massenbezogene Partikelgrößenverteilungssumme sowie zeitlicher Verlauf der gesundheitsbezogenen Schwebstaubbelastung für die einzelnen Messreihen (Hintergrundmessung, Moxibustion mit Moxa-A, Moxa-B sowie Moxa-C) graphisch dargestellt.

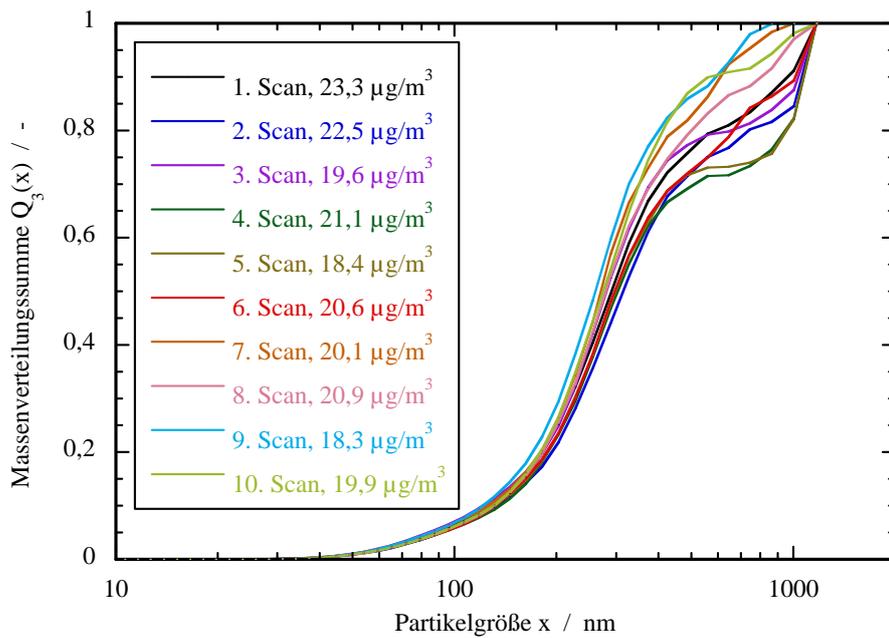
Bei der Darstellung der Partikelanzahlkonzentration in Abhängigkeit der Partikelgröße ist durch die angesetzten Marker auf die gerätespezifische Teilung des gesamten Messbereiches der Partikelgröße in bestimmte Größenklassen hingewiesen. Bei der Auswertung der massenbezogenen Partikelgrößenverteilung wurde eine konstante Stoffdichte von  $2500 \text{ kg/m}^3$  für alle Größenklassen angenommen.

### Messreihe zur Hintergrundmessung

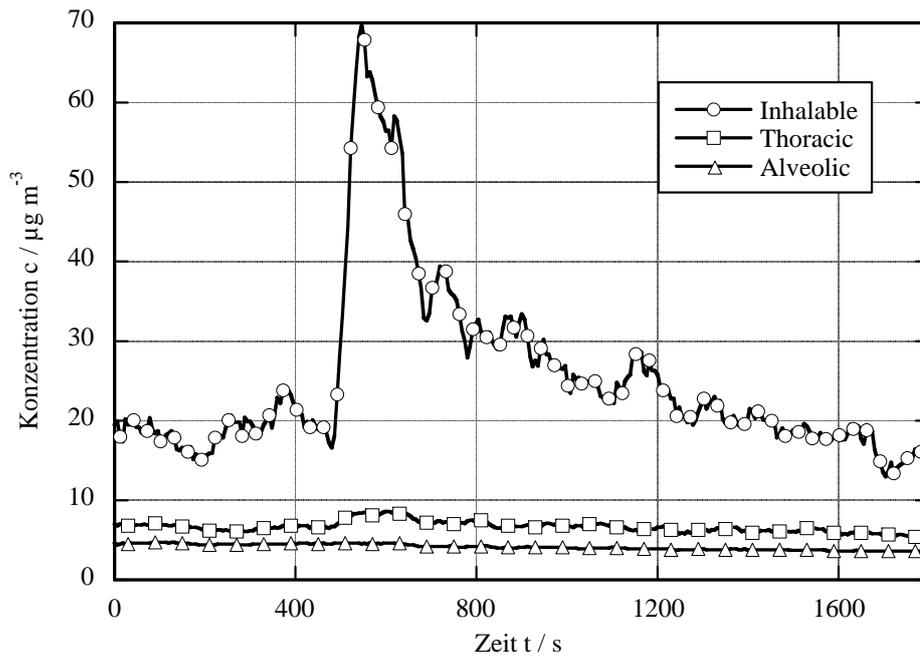
In den Abbildungen 8 bis 10 sind die Messergebnisse für die Messreihe zur Hintergrundmessung graphisch dargestellt. Abbildung 8 weist eine relativ stabile Partikelanzahlkonzentration in Abhängigkeit der Partikelgröße auf. In Bezug auf die massenbezogene Partikelgrößenverteilung zeigt Abbildung 9 eine gewisse Differenzierung zwischen einzelnen Messungen (Scan) oberhalb 300 nm. Angesichts der geringen Gesamtpartikelkonzentration ( $< 8000 \text{ P/cm}^3$  bzw.  $< 25 \text{ } \mu\text{g/cm}^3$ ) ist diese Differenzierung von geringer Bedeutung bei den späteren Messreihen zur Moxibustion. Der steile Anstieg der einatembaren Schwebstaubfraktion („inhalable“) in Abbildung 10 könnte auf eine Störung (Türöffnen) durch das Personal der TCM-Abteilung zurückgeführt werden. Aufgrund deren größeren relativen Sinkgeschwindigkeit in der Luft lässt sich die Konzentration dieser Staubfraktion durch Luftbewegung leicht manipulieren.



**Abbildung 8** Partikelanzahlkonzentration in Abhängigkeit der Partikelgröße bei der Messreihe zur Hintergrundmessung, mit Angabe der gesamten Partikelanzahlkonzentration



**Abbildung 9** Massenbezogene Partikelgrößenverteilungssummen bei der Messreihe zur Hintergrundmessung, mit Angaben der gesamten Massenkonzentration



**Abbildung 10** Zeitlicher Verlauf der Gesundheitsbezogenen Schwebstaubbelastung (gemäß DIN ISO 7708) bei der Messreihe zur Hintergrundmessung

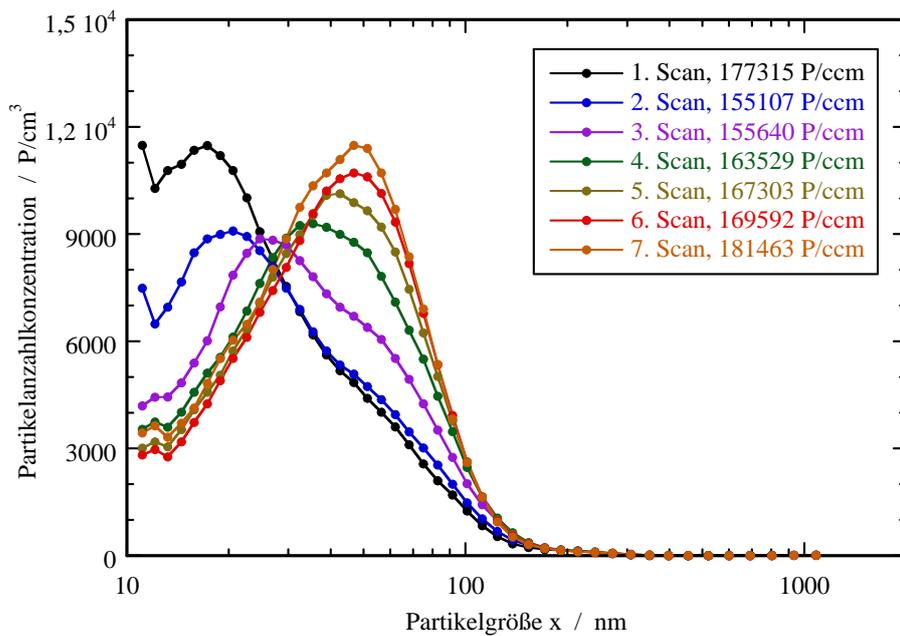
### Messreihe zur Moxibustion mit Moxa-A

In den Abbildungen 11 bis 13 sind die Messergebnisse für die Messreihe zur Moxibustion mit Moxa-A graphisch dargestellt. Zu Beginn des 1. Scan mit dem SMPS-System wurde die Moxa-Zigarre angezündet.

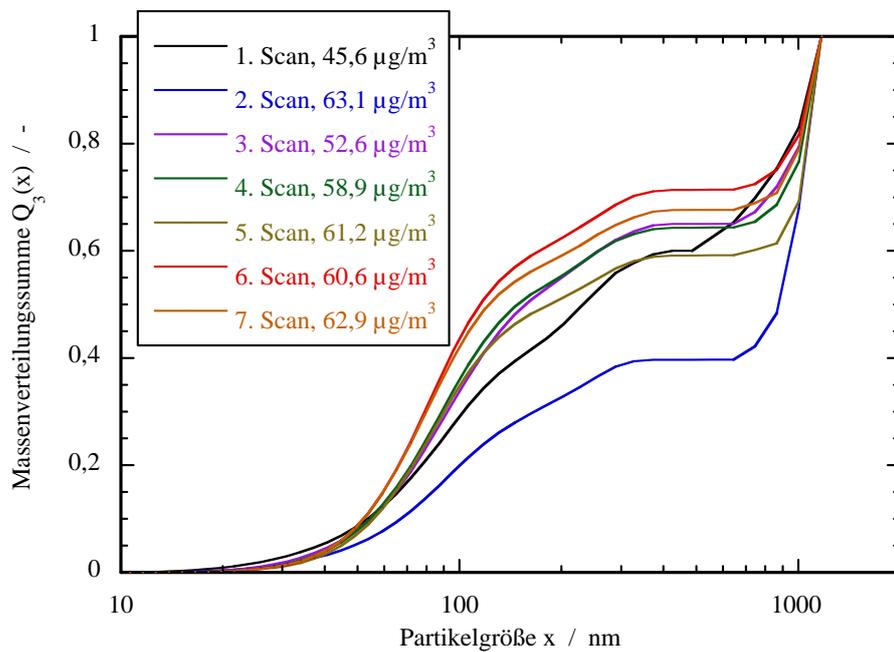
Abbildung 11 zeigt, dass die meisten Partikeln kleiner als 100 nm sind, während die am häufigsten gezählte Partikelgrößen am Ende der Messreihe gegen 50 nm tendieren. Die gesamte Partikelanzahlkonzentration bleibt relativ stabil.

In Bezug auf die massenbezogene Partikelgrößenverteilung zeigt Abbildung 12, dass der Massenanteil der Partikeln, die kleiner als 100 nm sind, in der Endphase der Messung bei knapp 50% (ca.  $< 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) liegt.

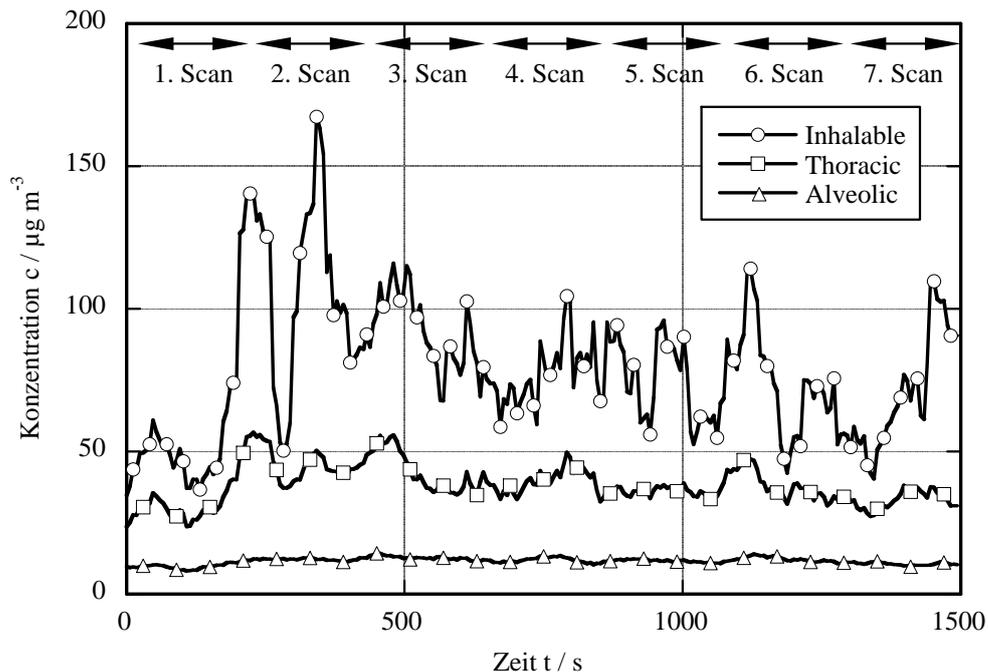
Abbildung 13 zeigt einen stabilen Verlauf der Konzentration der alveolen-gängigen Fraktion über die gesamte Messzeit.



**Abbildung 11** Partikelanzahlkonzentration in Abhängigkeit der Partikelgröße bei der Messreihe zur Moxibustion mit Moxa-A, mit Angabe der gesamten Partikelanzahlkonzentration



**Abbildung 12** Massenbezogene Partikelgrößenverteilungssummen bei der Messreihe zur Moxibustion mit Moxa-A, mit Angaben der gesamten Massenkonzentration

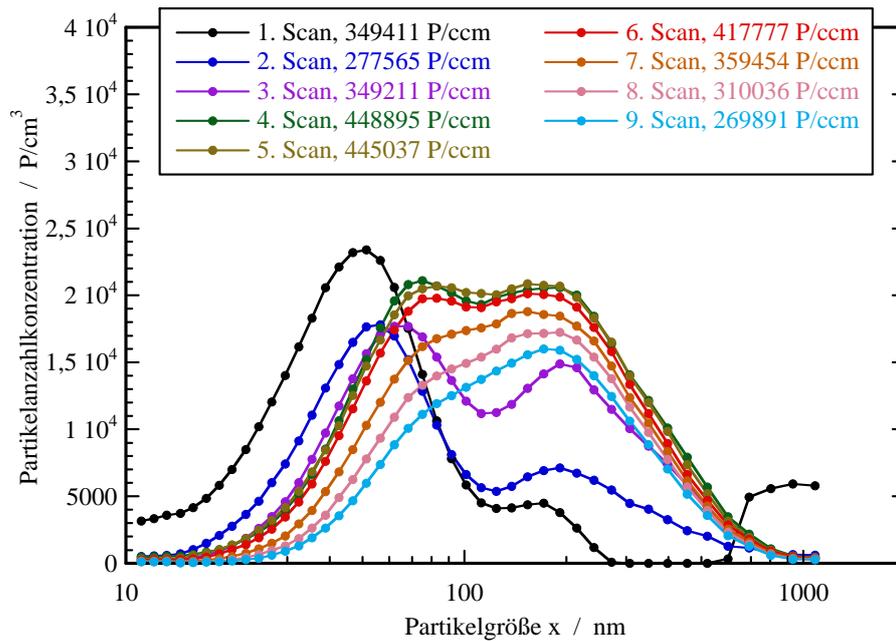


**Abbildung 13** Zeitlicher Verlauf der Gesundheitsbezogenen Schwebstaubbelastung (gemäß DIN ISO 7708) bei der Messreihe zur Moxibustion mit Moxa-A, mit Angabe der Scanintervalle mit dem SMPS-System

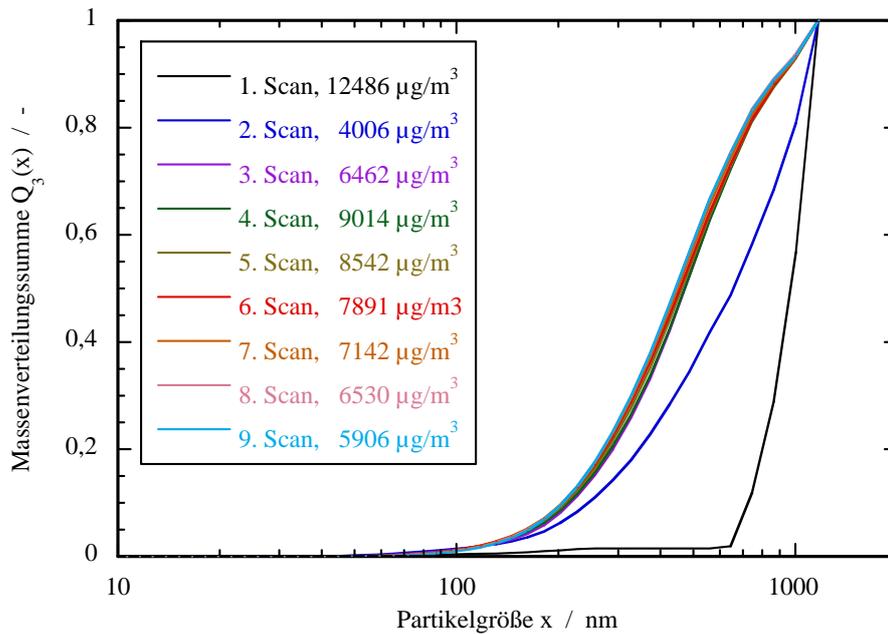
### Messreihe zur Moxibustion mit Moxa-B

In den Abbildungen 14 bis 16 sind die Messergebnisse für die Messreihe zur Moxibustion mit Moxa-B graphisch dargestellt. Zu Beginn des 1. Scan mit dem SMPS-System wurden die Moxa-Zigarren angezündet.

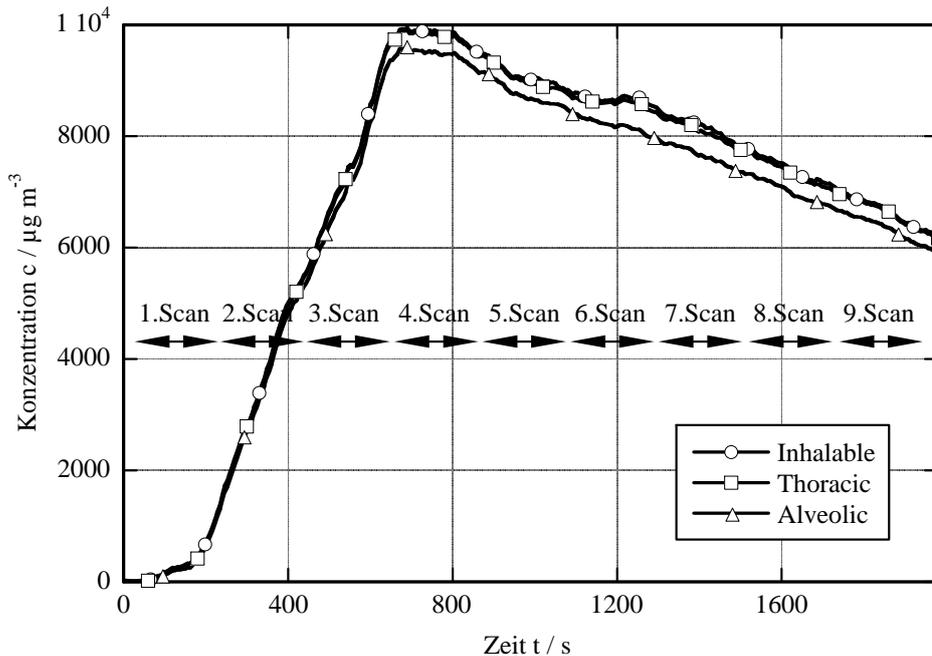
Abbildung 14 zeigt, dass sich die meisten Partikeln im Größenbereich von 60 nm bis 200 nm befinden. Die hohe Anzahl an großen Partikeln ( $> 700$  nm) bei der ersten Messung könnte durch Flugasche beim Anzünden der Moxa-Zigarren verursacht sein. Die Schwankung zwischen den ersten beiden Messungen wird wegen nicht eindeutiger (schwacher) Luftbewegung in dem Messraum nicht besonders berücksichtigt. Die Tendenz, dass die am häufigsten gezählten Partikelgrößen während der Messung größer geworden sind (bis gegen 200 nm), geht auf den Mechanismus der Ausbreitung der Partikeln zurück. Im vorliegenden Fall spielt die Diffusion neben freier Konvektion bei der Ausbreitung der Partikeln eine große Rolle. Kleinere Partikeln haben eine stärkere Diffusionsbewegung und breiten sich somit schneller im Raum aus. In Bezug auf die massenbezogene Partikelgrößenverteilung zeigt Abbildung 15, dass die Massenverteilungssumme bereits ab der dritten Messung sehr stabil bleibt ( $x_{3,50} \approx 450$  nm), während die gesamte Massenkonzentration nach einem anfänglichen Anstieg langsam zurückgeht. Der Rückgang der gesamten Massenkonzentration kann auf die Adsorption der Partikeln an der Oberfläche der im Raum befindlichen Gegenstände, z. B. Kleidung, zurückgeführt werden. Abbildung 16 zeigt einen Anstieg aller Schwebstaubfraktion nach der Anzündung der Moxa-Zigarren und dann einen langsamen Rückgang. Dieser zeitliche Verlauf stimmt mit der in Abbildung 15 angegebenen Änderung der gesamten Massenkonzentration sehr gut überein, da die Partikeln, die größer als 300 nm sind und somit von dem Laser-Aerosol-Spektrometer erfasst werden können, zum großen Teil der gesamten Masse (ca. 75%) beitragen.



**Abbildung 14** Partikelanzahlkonzentration in Abhängigkeit der Partikelgröße bei der Messreihe zur Moxibustion mit Moxa-B, mit Angabe der gesamten Partikelanzahlkonzentration



**Abbildung 15** Massenbezogene Partikelgrößenverteilungssummen bei der Messreihe zur Moxibustion mit Moxa-B, mit Angaben der gesamten Massenkonzentration

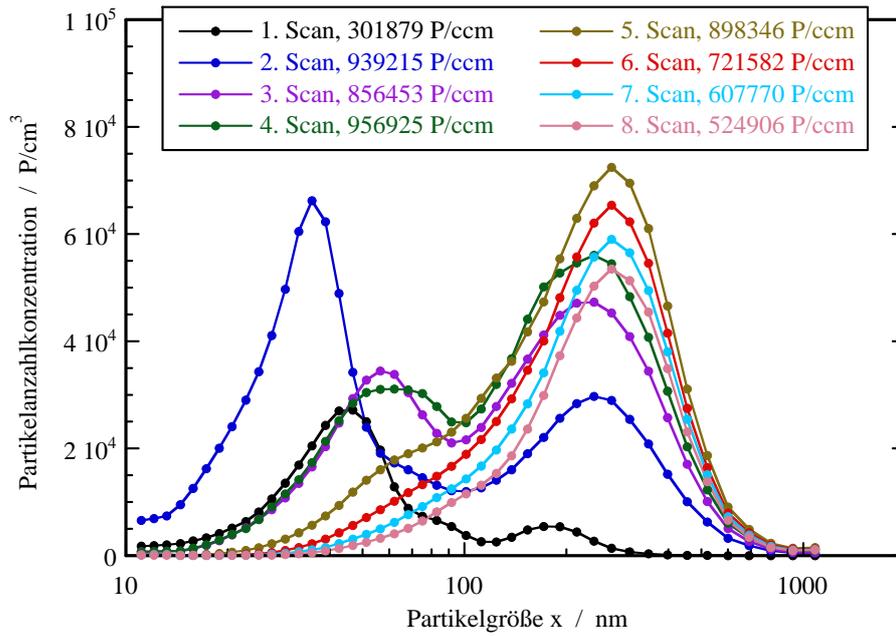


**Abbildung 16** Zeitlicher Verlauf der Gesundheitsbezogenen Schwebstaubbelastung (gemäß DIN ISO 7708) bei der Messreihe zur Moxibustion mit Moxa-B, mit Angabe der Scanintervalle mit dem SMPS-System

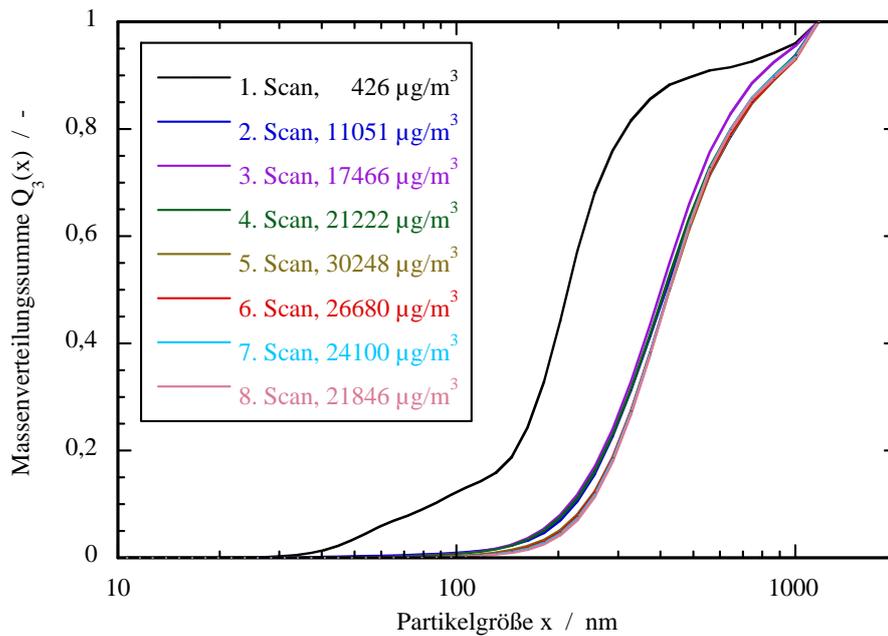
### Messreihe zur Moxibustion mit Moxa-C

In den Abbildungen 17 bis 19 sind die Messergebnisse für die Messreihe zur Moxibustion mit Moxa-C graphisch dargestellt. Zu Beginn des 1. Scan mit dem SMPS-System wurden die Moxa-Zigarren angezündet.

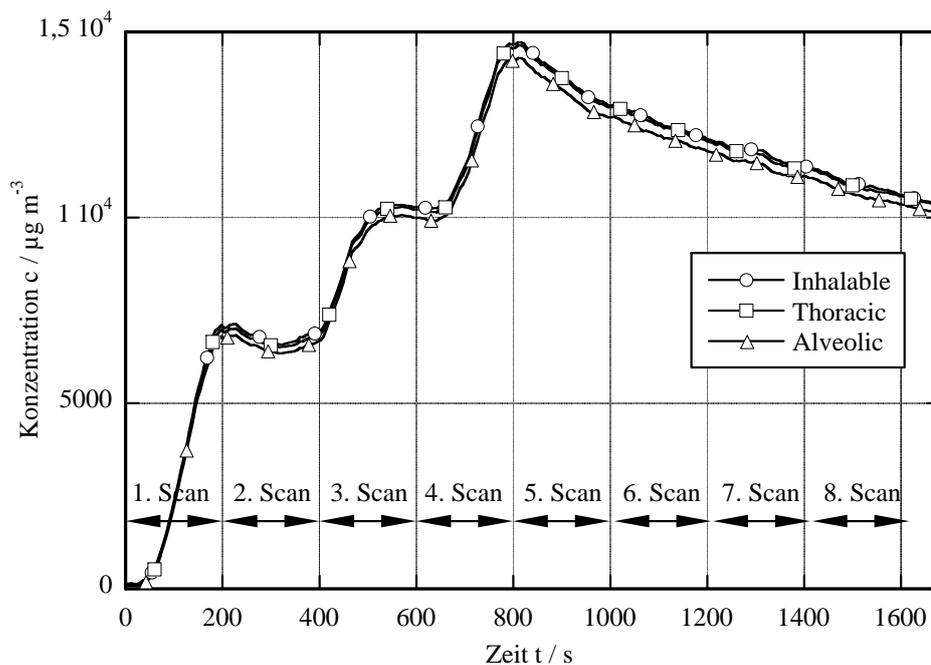
Abbildung 17 zeigt, dass sich die meisten Partikeln im Größenbereich von 100 nm bis 500 nm befinden. Der bimodale Verlauf bei den ersten Messungen (2. Scan bis 4. Scan) könnte durch die zeitversetzte Anzündung der Moxa-Zigarren verursacht werden (vgl. Abschnitt 5). Die Tendenz, dass die am häufigsten gezählten Partikelgrößen während der Messung größer geworden sind (bis gegen 300 nm), geht auf den Mechanismus der Ausbreitung der Partikeln zurück, wie es bereits bei der vorletzten Messreihe begründet wurde. Eine mögliche Agglomeration, die ebenfalls zu dieser Tendenz führen kann, ist aufgrund des Rückgangs der gesamten Massenkonzentration (vgl. Abb. 18) nicht eindeutig festzustellen. In Bezug auf die massenbezogene Partikelgrößenverteilung zeigt Abbildung 18, dass die Massenverteilungssumme bereits ab der zweiten Messung sehr stabil bleibt ( $x_{3,50} \approx 400$  nm), während die gesamte Massenkonzentration nach einem anfänglichen Höhenflug langsam zurückgeht. Der Rückgang der gesamten Massenkonzentration kann auf die Adsorption der Partikeln an der Oberfläche der im Raum befindlichen Gegenstände, z. B. Kleidung, zurückgeführt werden. Abbildung 19 zeigt einen dreistufigen Anstieg aller Schwebstaubfraktion nach der Anzündung der Moxa-Zigarren und dann einen langsamen Rückgang. Dieser zeitliche Verlauf stimmt mit der in Abbildung 18 angegebenen Änderung der gesamten Massenkonzentration sehr gut überein.



**Abbildung 17** Partikelanzahlkonzentration in Abhängigkeit der Partikelgröße bei der Messreihe zur Moxibustion mit Moxa-C, mit Angabe der gesamten Partikelanzahlkonzentration



**Abbildung 18** Massenbezogene Partikelgrößenverteilungssummen bei der Messreihe zur Moxibustion mit Moxa-C, mit Angaben der gesamten Massenkonzentration

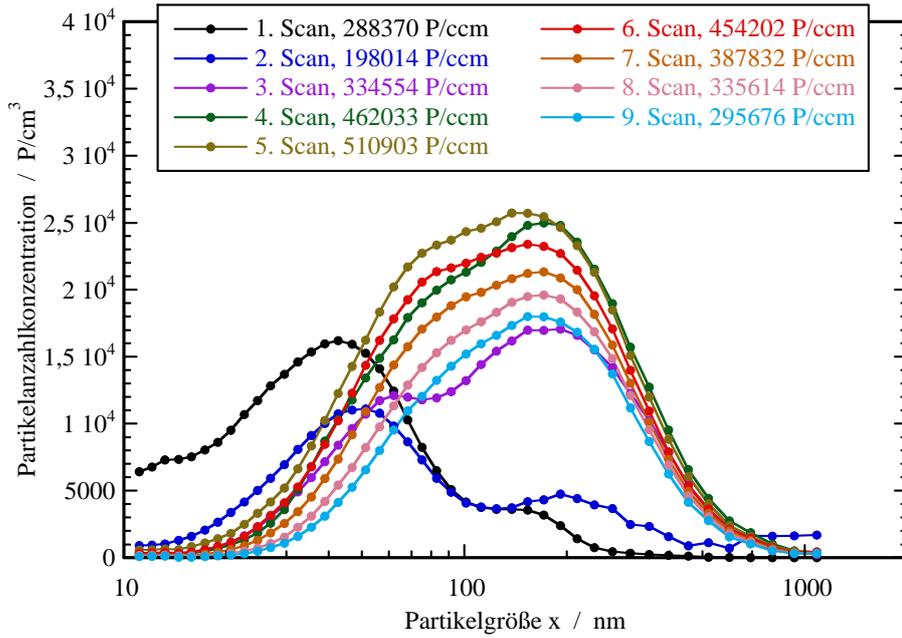


**Abbildung 19** Zeitlicher Verlauf der Gesundheitsbezogenen Schwebstaubbelastung (gemäß DIN ISO 7708) bei der Messreihe zur Moxibustion mit Moxa-C, mit Angabe der Scanintervalle mit dem SMPS-System

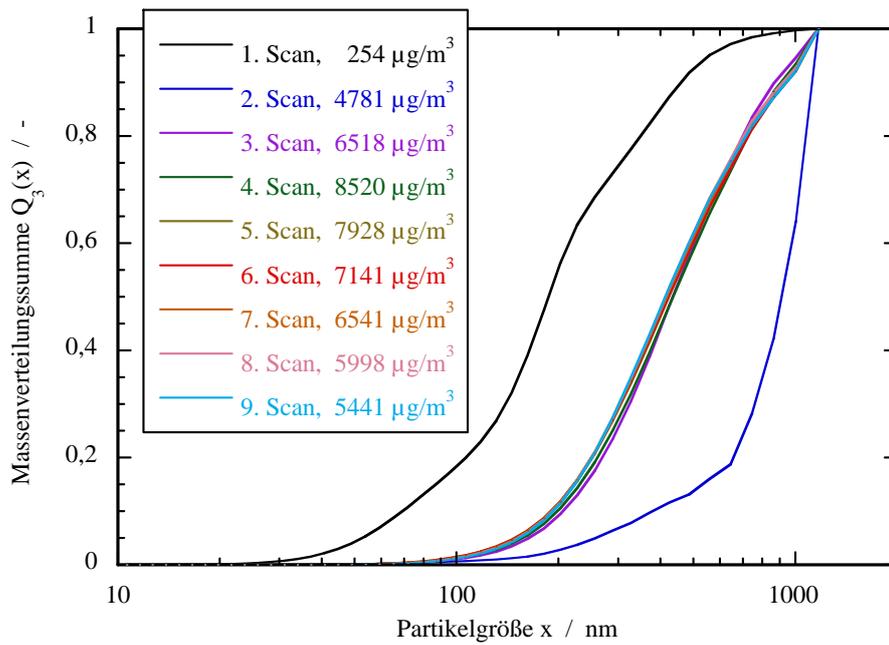
### Messreihe zur Überprüfung der Wiederholbarkeit der Messung, zweite Messreihe zur Moxibustion mit Moxa-B

In den Abbildungen 20 bis 23 sind die Messergebnisse für die Messreihe zur Überprüfung der Wiederholbarkeit der Messung, die mit der Moxibustion mit Moxa-B durchgeführt wurde, graphisch dargestellt.

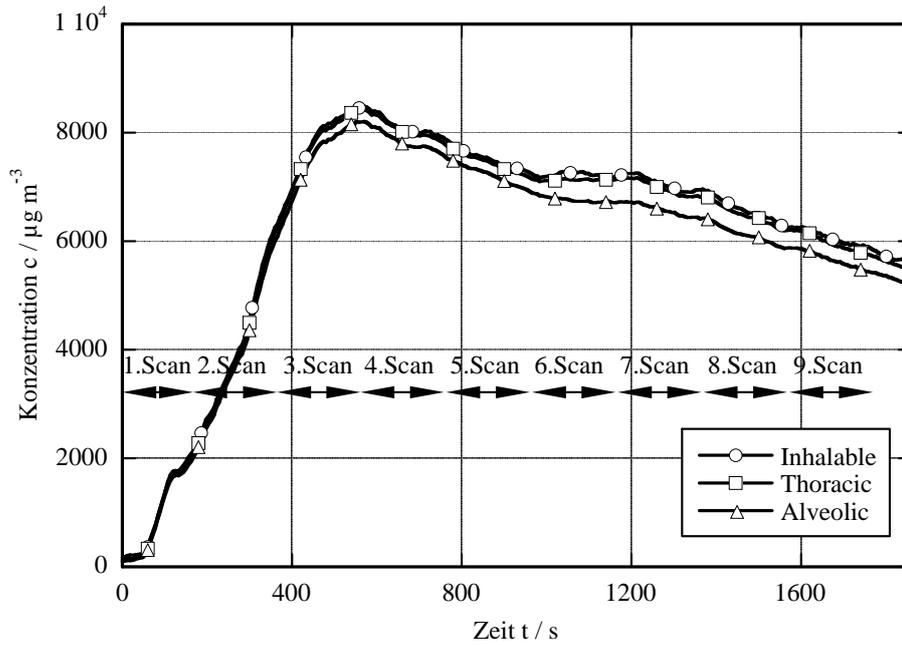
Der direkte Vergleich der Messergebnisse liefert bereits gute Übereinstimmung der einzelnen Messungen (ab dem 3. Scan). Die Kurvenverläufe sind sehr gut reproduzierbar. Zum Verdeutlichen der Übereinstimmung der beiden Messreihen ist die anzahlbezogene Partikelgrößenverteilung für die letzten drei Messungen der beiden Messreihen in Abbildung 23 gegenüber dargestellt. Die Übereinstimmung lässt sich eindeutig erkennen.



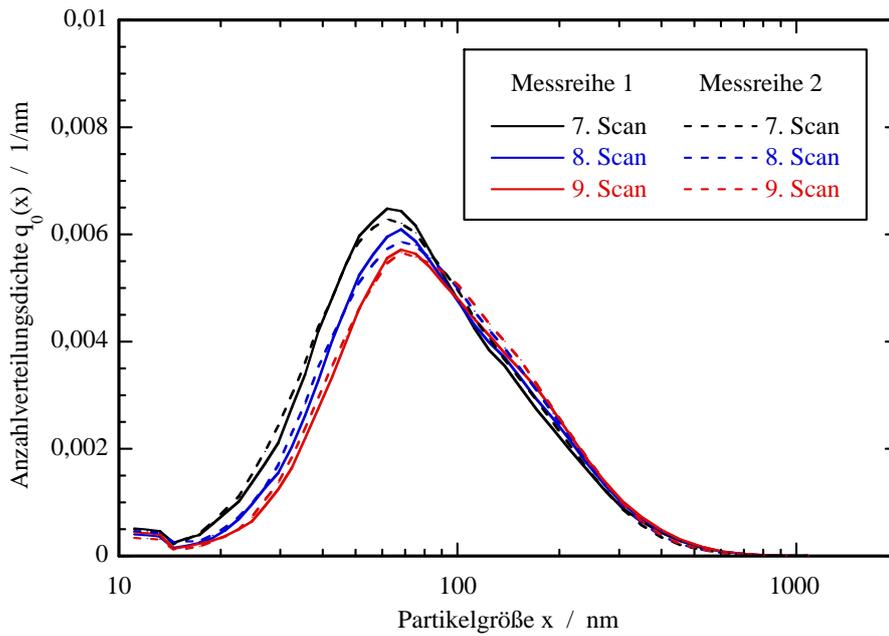
**Abbildung 20** Partikelanzahlkonzentration in Abhängigkeit der Partikelgröße bei der zweiten Messreihe zur Moxibustion mit Moxa-B, mit Angabe der gesamten Partikelanzahlkonzentration



**Abbildung 21** Massenbezogene Partikelgrößenverteilungssummen bei der zweiten Messreihe zur Moxibustion mit Moxa-B, mit Angaben der gesamten Massenkonzentration



**Abbildung 22** Zeitlicher Verlauf der Gesundheitsbezogenen Schwebstaubbelastung (gemäß DIN ISO 7708) bei der zweiten Messreihe zur Moxibustion mit Moxa-B, mit Angabe der Scanintervalle mit dem SMPS-System



**Abbildung 23** Vergleich der anzahlbezogenen Partikelgrößenverteilungsdichten der letzten drei Messungen bei den beiden Messreihen zur Moxibustion mit Moxa-B