

## **2 Meßverfahren zur Bestimmung von Partikelgrößenverteilungen eines Aerosols**

Die wichtigste Eigenschaft des Aerosols ist die Partikelanzahlkonzentration. Zur Messung von Anzahlkonzentrationen stehen mehrere Meßverfahren zur Verfügung. Die Auswahl eines geeigneten Gerätes erfolgt durch eine ausführliche Analyse der Meßaufgabe.

### **2.1 Eigenschaften von Partikeln**

Die Partikelgröße ist eine wichtige Eigenschaft in allen Aspekten des Aerosolverhaltens. Die Definition der Größe ist nicht so einfach festzusetzen wie es zuerst erscheint. Für kugelförmige Partikel kann der Durchmesser für die Größe angegeben werden. In der Praxis besitzen Partikel eine nicht regelmäßige Form. Sie bestehen in der Regel aus der Koagulation von einzelnen kleinen Partikeln (Abbildung 2.1). Es kann deswegen kein einzelner Wert für die geometrische Größe angegeben werden.

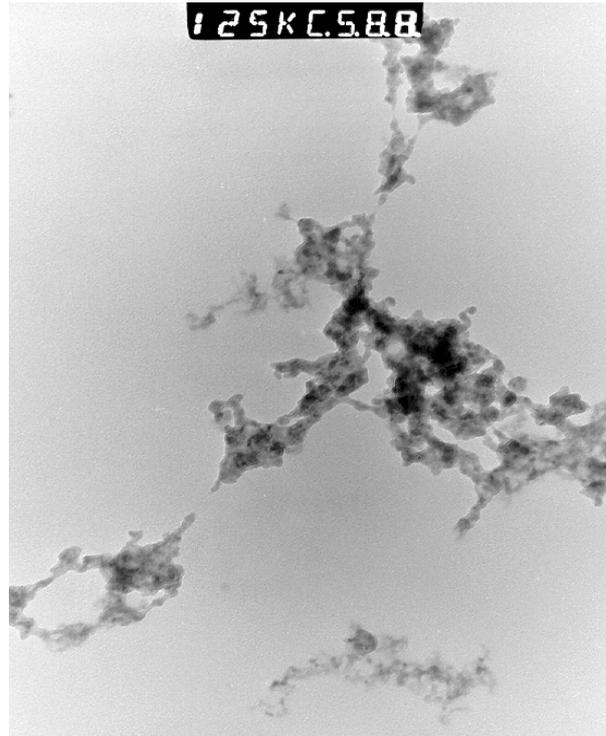


Abbildung 2.1

*Typische Form eines Partikels*

Abhilfe schafft die Zuordnung eines äquivalenten Durchmessers  $D_p$  eines kugelförmigen Partikels, das die gleichen physikalischen Eigenschaften oder Verhalten (z.B. gleiches Volumen, Oberfläche, Streulicht ...), wie ein nicht kugelförmiges Partikel besitzt.

Die Konzentration von Partikeln im Aerosol wird je nach Meßaufgabe unterschiedlich angegeben. Bei der Angabe der atmosphärischen Aerosolkonzentration wird die Masse der Partikel auf das Volumen bezogen. Für die Charakterisierung von Aerosolen, die z.B. bei der Halbleiterherstellung die Produkte zerstören können, ist die Anzahlkonzentration der Partikel von großem Interesse.

## 2.2 Darstellungsarten für stochastische Größen

Die Größe von Partikeln im sogenannten monodispersen Aerosol ist für kugelförmige Partikel vollständig durch einen einzelnen Wert, dem Partikeldurchmesser, beschrieben. Die meisten Aerosole sind polydispers und besitzen Partikelgrößen, die über einen weiten Größenbereich sich verteilen. Die Meßwerte der Partikelanzahlkonzentration werden deswegen statistisch ausgewertet bzw. dargestellt.

Es wird zwischen den beiden grundlegenden mathematischen Darstellungsarten, relative Häufigkeit und Verteilungssumme, unterschieden. Liegen die Größen in diskreter Form vor, das im Regelfall bei der Messung von Größenverteilungen vorkommt, so ergibt sich die folgende Definition für die relative Häufigkeit  $f_j$  und -summe  $F_i$ .

$$f_j = \frac{n_j}{N \cdot \Delta x_j} \quad (2.1)$$

$$F_i = \sum_{j=1}^i f_j = \sum_{j=1}^i \frac{n_j}{N \cdot \Delta x_j} \quad (2.2)$$

$n_j$   $\hat{=}$  Anzahl der in das Intervall  $\{x_j < x \leq x_j + \Delta x\}$  fallende Ereignisse;

$N$   $\hat{=}$  Gesamtmenge

$\Delta x_j$   $\hat{=}$  Intervallbreite

Zur Bestimmung der Lage der relativen Häufigkeitsverteilung der Partikel werden arithmetische und geometrische Durchmesser, Median- und Modaldurchmesser eingesetzt.

## **2.3 Vergleich unterschiedlicher Meßverfahren**

Es gibt zwei grundsätzlich unterschiedliche Aerosolmeßverfahren, die durch die Art der Probenahme charakterisiert werden. Bei dem Aerosolmeßverfahren mit Abscheidung werden Partikel gesammelt, z. B. auf einer Oberfläche und dann analysiert. Der Nachteil dieser Methode besteht darin, daß die Eigenschaften der Partikel sich auf der Oberfläche verändern können. Das Meßsystem ist zeitaufwendig und nicht „On-Line“ fähig. Die gesammelten Proben werden in der Regel mit Mikroskopen oder Spektroskopen analysiert.

Eine Probenahme ohne Abscheidung gewährleistet Messungen in Echtzeit und keine Veränderungen der Probe während der Analyse. Diese Methode ist in der Regel kostenintensiv und mit einem größeren Kalibrieraufwand verbunden. Sie liegt optischen Partikelzählern und Kondensationskeimzählern zugrunde.

In Tabelle 2.1 werden einige Aerosolmeßsysteme auf

- in-situ Messung
- Partikelgrößenmessung
- Partikelkonzentration
- Meßzeit

verglichen.

Tabelle 2.1 Vergleich unterschiedlicher Meßverfahren

Meßgerät	in situ	Partikelgrößen	Konzentration	Meßzeit
Impaktor	nein	ja	ja	lang
Elektrostatischer Sammler	nein	nein	ja	kurz
Mikroskop	nein	ja	ja	lang
Nephelometer	ja	nein	ja	kurz
Kondensationskeimzähler	ja	nein	ja	kurz
DMPS	ja	ja	ja	lang
optischer Partikelzähler	ja	ja	ja	kurz

Die aufgeführten Geräte zur Bestimmung der Partikelgröße, mit Ausnahme des Mikroskops, sind keine absoluten Meßverfahren und müssen kalibriert werden. Aus den physikalischen Meßgrößen werden dann über die Kalibrierkurve die Äquivalentdurchmesser bestimmt, die von den optischen, elektrostatischen oder aerodynamischen Eigenschaften der Partikel abhängen.

Innerhalb dieser Meßverfahren für Aerosolparameter nimmt der optische Partikelzähler bei der Erfüllung der hier aufgestellten Kriterien eine führende Stellung ein. In dem Partikelzähler werden einzelne Partikel mit dem Probenahmestrom durch ein beleuchtetes Meßvolumen transportiert. In dem Meßvolumen streuen die Partikel das Licht, das von einem Photodetektor in elektrische Signale umgewandelt wird. In der Regel wird davon ausgegangen, daß sich nur ein Partikel im Meßvolumen befindet und das Licht streut. Eine nachgeschaltete Signalverarbeitung wertet die Signale in der Regel anhand von definierten Schwellwerten bzgl. Partikelgröße und Anzahl aus.

Der optische Partikelzähler wird vorzugsweise dann eingesetzt, wenn die Partikelanzahlkonzentration über einen weiten Partikelgrößenbereich gemessen werden soll. Dieses optische Meßverfahren bietet den Vorteil, daß die Partikel berührungslos, im ungestörten Zustand untersucht werden können. Es entfallen Meßfehler, die bei anderen

Methoden beim Abscheiden der Partikel während der Probenahme und bei der nachfolgenden Analyse auftreten. Das Problem der Änderung von chemischen und physikalischen Eigenschaften der Partikel beim Partikelniederschlag ist nicht mehr relevant.