

Ultrafeinstaub

Die Messung von Partikeln unter 100 Nanometer und ihre klimatische Bedeutung

Mit Ultrafeinstaub (UFP – ultrafine particles) werden Partikel bezeichnet, die einen Durchmesser von weniger als 100 Nanometern aufweisen. Trotz ihrer sehr kleinen Größe haben sie enorme Auswirkungen – sowohl auf die menschliche Gesundheit als auch auf das Wetter- und Klimageschehen. In der Atmosphärenforschung gewinnen sie daher zunehmend an Bedeutung. In diesem Artikel wird die dafür benötigte Messtechnik und der Einfluss auf das Klima betrachtet.

Messtechnik zur Erfassung von Ultrafeinstaub

Da Ultrafeinstaub in klassischen PM₁₀- oder PM_{2,5}-Messungen nicht erfasst wird, bedarf es spezieller Messinstrumente, um diese Partikel zu detektieren. Die wichtigsten Messgeräte in diesem Bereich sind:

1. Kondensationspartikelzähler (CPC)

CPCs sind hochempfindliche Geräte zur Zählung von Partikeln mit einer Größe von etwa 2 nm bis 1 µm. Sie funktionieren, indem die Luft durch eine mit Alkohol oder Butanol gesättigte Kammer geleitet wird. Die Partikel dienen als Kondensationskerne, wodurch sie „wachsen“ und optisch detektiert werden können.

Der **Optical Particle Sizer** arbeitet nach dem Prinzip der Einzelpartikelzählung. Dabei werden Partikel mit einem Laserstrahl erfasst, während sie durch ein beleuchtetes Messvolumen strömen. Der Probendurchfluss beträgt ca. 1,0 L/min, ebenso wie der interne Mantelströmung (Sheath flow), der aus der Pumpenabluft zurückgeführt wird. Dieser Sheath Flow sorgt für eine genaue Zentrierung der Partikel im Laserstrahl und schützt die Optik vor Verschmutzung.

Die Laseroptik formt einen fokussierten Lichtstrahl, der zusammen mit dem Partikelstrom das Messvolumen bildet.

Während die Partikel den Laserstrahl passieren, wird das gestreute Licht von einem elliptischen Spiegel auf einen Fotodetektor fokussiert. Überschüssiges Licht wird in eine Lichtfalle geleitet. Die Signalverarbeitung erfolgt elektronisch.

Nach der Messung werden die Partikel von einem **austauschbaren gravimetrischen Filter** aufgefangen, der zur späteren chemischen Analyse genutzt werden kann.

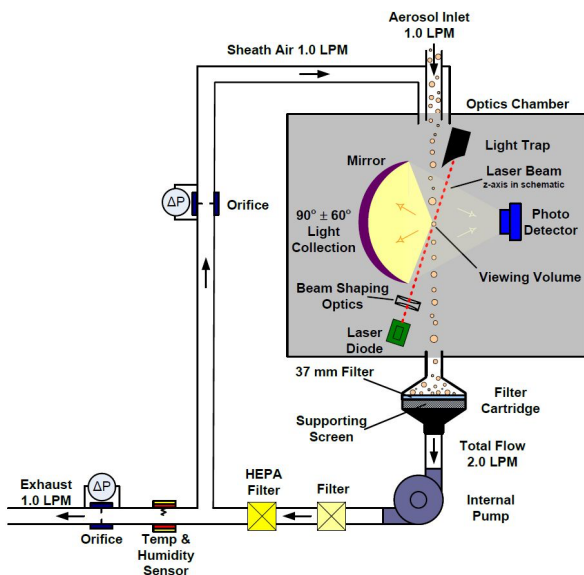


Abb. 1 - CPC Schematic (Quelle: TSI)



Abb. 2 – Condensation Particle Counter (Quelle: TSI)

2. Elektromobilitätsanalytoren (SMPS / FMPS)

Zur Größenverteilungsmessung wird das „Scanning Mobility Particle Sizer“-System (SMPS) verwendet. Es trennt die Partikel nach ihrer elektrischen Mobilität und kombiniert sie mit einem CPC zur Anzahlbestimmung. Für schnellere Messungen wird oft der FMPS (Fast Mobility Particle Sizer) eingesetzt.

Der SMPS nutzt die Scanning Mobility Particle Size (SMPS)-Messtechnik zur Bestimmung der Partikelgrößenverteilung. Der Messvorgang umfasst folgende Schritte:

1. **Einlasskonditionierung:** Große Partikel werden durch einen Partikelfilter entfernt.
2. **Ladung der Partikel:** Ein unipolarer Lader versieht die Partikel mit einer definierten Ladungsverteilung.
3. **Größentrennung:** Im Radialen Differenziellen Mobilitätsanalysator (RDMA) bewegen sich die geladenen Partikel im elektrischen Feld, abhängig von ihrer Größe (Mobilität).
4. **Zählung:** Ein integrierter **Kondensationspartikelzähler (CPC)** zählt die Partikel einzeln und ermöglicht dadurch präzise Messungen, auch bei sehr niedrigen Konzentrationen.

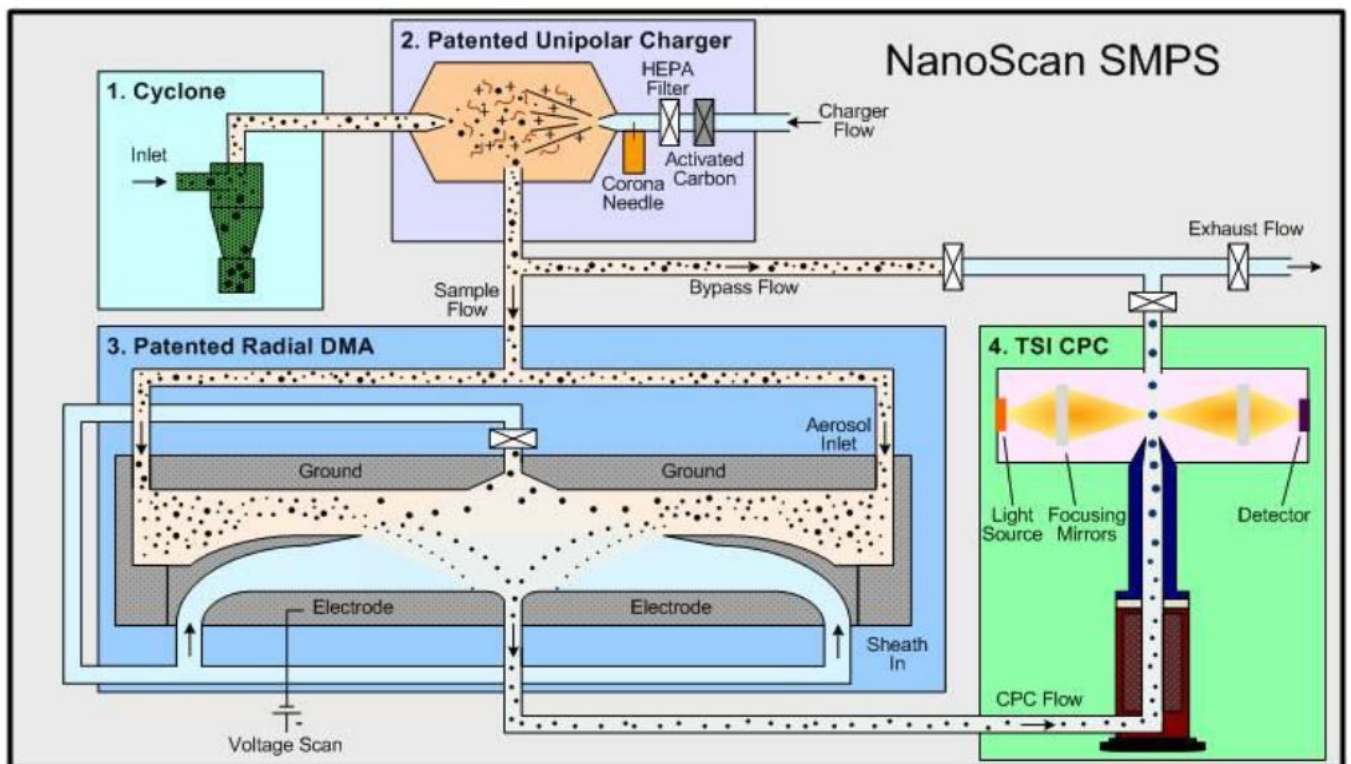


Abb. 3 – SMPS Schematic (Quelle: TSI)



Abb. 4 – SMPS Messgerät mit CPC Kombiniert (Quelle: TSI)

3. Diffusionsladesysteme

Diese Geräte messen die Gesamtoberfläche der Partikel mittels der Detektion von Ionisationsströmen, die beim Kontakt mit geladenen Molekülen entstehen. Sie werden besonders in der Arbeitsplatzüberwachung eingesetzt. LDSA (lung-deposited surface area), sind tragbare Geräte zur Messung der lungengängigen Partikelfläche. Besonders im Arbeitsschutz und in der Expositionsbewertung von Nanopartikeln ist die relevant. Es arbeitet mit einem Diffusionsladesystem, bei dem Partikel durch Ionenladung eine messbare elektrische Signalantwort erzeugen, die proportional zur aktiven Oberfläche ist.

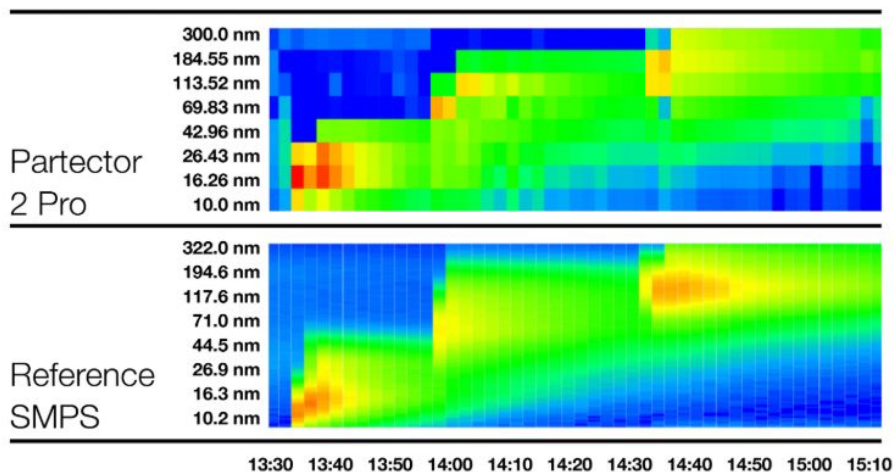


Abb. 5 – Partikeloberfläche im Vergleich zu den Messsystemen (Quelle: nanoes)

Einfluss von Ultrafeinstaub auf Wetter und Klima

1. Wolkendynamik

Ultrafeinstaubpartikel wirken als Kondensationskeime (Cloud Condensation Nuclei, CCN) und beeinflussen somit die Bildung von Wolken. Je mehr Partikel vorhanden sind, desto kleiner werden die einzelnen Wolkentröpfchen – dies erhöht die Reflexion des Sonnenlichts (Albedo-Effekt) und kann zu einer Abkühlung führen.

2. Strahlungshaushalt

Diese Feinstpartikel absorbieren und streuen solare und terrestrische Strahlung. Rußhaltige Partikel erwärmen die Atmosphäre, während schwefelhaltige Aerosole eher kühlend wirken. Diese Wechselwirkungen verändern lokal und global das Strahlungsgleichgewicht der Erde.

3. Niederschlagsbildung

Durch die Veränderung der Tropfenanzahl und -größe in Wolken wird auch die Niederschlagswahrscheinlichkeit beeinflusst. Es kann zu Verzögerungen bei der Regenbildung kommen – oder auch zu intensiveren Regenereignissen, abhängig von Aerosolzusammensetzung und Wetterlage.

Fazit

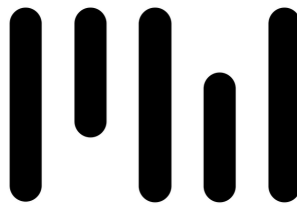
Die Erfassung von Ultrafeinstaub ist eines der wichtigsten Elemente moderner Umwelt- und Klimaforschung. Mittels spezialisierter Messgeräte wie CPC, SMPS oder Diffusionsladesystemen lassen sich Anzahl, Größe und Oberfläche der Partikel präzise erfassen. In der Rolle für Wolkenbildungskeime und Strahlungsmodulatoren tragen diese Partikel vermutlich zu einem unterschätzten, aber entscheidenden Faktor im Klimasystem bei.

MW-Technologies erkennt zunehmend den Stellenwert dieser Messtechnik und berücksichtigt dies bei Kundengesprächen für Klimastationen oder in der Stadtforschung. Damit leisten wir unsern Beitrag zum besseren Verständnis von Luftqualität, Wettereinfluss und Klimaverhalten – für eine wissenschaftlich fundierte Umweltüberwachung.

Mit uns gehören Sie zu den Ersten, die langfristig Daten erheben und sich bei Fachgesprächen eine fundierte Vorreiterrolle in diesem Bereich sichern.

Stefan Manzenreiter

Co-Founder/CEO



sensors. simplified.

Copyright © 2025, MW technologies GmbH

