



Doctoral Thesis

Photoelektrische Aerosolcharakterisierung und die Wechselwirkungen von Nanoteilchen mit Ozon

Author(s):

Matter, Daniel

Publication Date:

1995

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-001420081> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Photoelektrische Aerosolcharakterisierung und die Wechselwirkungen von Nanoteilchen mit Ozon

ABHANDLUNG

Zur Erlangung des Titels

DOKTOR DER NATURWISSENSCHAFTEN

der

EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZÜRICH

vorgelegt von



CatE

Daniel Matter
Dipl. Phys. ETH Zürich
geboren am 28. Dezember 1959
von Kölliken (AG)

Angenommen auf Antrag von

Prof. Dr. H.C. Siegmann, Referent
Prof. Dr. A. Schmidt-Ott, Korreferent
PD Dr. H. Burtscher, Korreferent

Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit behandelt die Charakterisierung kleiner, in einem Trägergas suspendierter Teilchen (Aerosole) mit einem Durchmesser kleiner $1\ \mu\text{m}$. Die Bedeutung von Nanoteilchen für die Umwelt und für technische Anwendungen wird beschrieben. Es wird vorerst die Aerosolphotoemission erklärt und deren Eignung für die Aerosolcharakterisierung aufgezeigt. Die erst seit kurzer Zeit für die photoelektrische Aufladung von Partikeln eingesetzten Excimerstrahler werden ausführlich beschrieben, ebenso deren Vor- und Nachteile gegenüber herkömmlichen UV-Strahlern. Besonders hervorgehoben ist dabei, dass durch das günstige Design und die zur Verfügung stehenden Wellenlängen sehr hohe Partikelladungen (theoretisches Maximum) erreicht werden. Da die Photoaktivität von Teilchen sehr stark von deren Oberfläche abhängt, kann erstere erheblich variieren - ein Aerosolphotoemissionsmessgerät hat damit die Eigenschaften eines empfindlichen Sensors. Verbrennungsaerosole werden durch die photoelektrische Aufladung im Immissions- wie im Emissionsbereich detektiert. Die dabei gemessenen Signale werden als Mass für die Luftqualität angesehen, da die Messwerte proportional zur Menge der partikelgebundenen PAK und mit gewissen anderen primären Schadstoffen aus Verbrennungsprozessen korrelieren (z.B.: NO, CO). Für eine noch weiterführende Charakterisierung werden Aerosole parallel durch zwei oder mehr Excimerstrahler geleitet, mit verschiedenen Wellenlängen aufgeladen und die resultierenden Photoströme in einfache Gleichungen eingesetzt. Nebst der integralen Photoaktivität variieren auch die Ladungsverteilungen für eine bestimmte Grössenfraktion eines Aerosols bei kleinsten Veränderungen der Oberflächenbeschaffenheit oder des Partikeldurchmessers sehr stark. Es wird aufgezeigt, dass das System, welches bereits bei der Überwachung und Steuerung von Verbrennungsprozessen eingesetzt wird, auch zur "on-line"-Kontrolle in Herstellungsprozessen von nm-Materialien verwendet werden könnte.

Aerosole im betrachteten Grössenbereich können aufgrund ihrer Grösse und der hohen spezifischen Oberfläche sehr stark mit Gasen wechselwirken. Experimente mit verschiedenen Aerosolen und Ozon zeigen Veränderungen an den Partikeln als auch an der Ozonkonzentration. Die Eigenschaften, der technische Einsatz und die Umweltrelevanz von Ozon werden aufgezeigt und diskutiert. Es wird gezeigt, wie durch die Verwendung einer Excimerlampe auf einfache Art aus Luft stickoxidfreies Ozon produziert werden kann. Bei der Wechselwirkung zwischen Aerosolen und Ozon kann beobachtet werden, dass die Ozonkonzentration in kurzer Zeit recht stark abgebaut wird. Eine Abschätzung zeigt, dass nebst dem oft diskutierten Einfluss FCKW-haltiger Substanzen der Einfluss von Aerosolen auf die Konzentration von stratosphärischem Ozon eine gewisse Bedeutung haben kann.

Abstract

The work presented here concerns the characterisation of particles of a diameter of less than ca. 1 μm which are suspended in a carrier gas, i.e. aerosol. The importance of nano particles in the environment and for technical applications is described. Aerosol photoemission will be explained and its suitability for aerosol characterisation demonstrated. Excimer sources, which have recently been used for the photoelectric charging of particles, are described in detail with their advantages and disadvantages, when compared to conventional UV-sources. Of particular interest, is the fact that their practical design and the wavelengths available enable very high particle charges (theoretically maximum) to be achieved. Since the photoactivity of a particle is highly dependant on its surface properties, it can vary considerably. Therefore, an aerosol photoemission measuring device has the properties of an extremely sensitive sensor. Combustion aerosols are detected in both immission and emission applications by using photoelectric charging. These signals can be viewed as a measure of air quality in that the measured values are proportional to the amount of PAH on the particle and correlate to other primary pollutants from combustion processes (e.g., NO, CO). In order to achieve an even more comprehensive characterisation, aerosol particles are charged in parallel by two or more UV sources of different wavelengths. The resulting photocurrent values fed into simple equations. Not only does the integral photoactivity vary strongly with the smallest changes in surface properties, but also does the charge distribution for a specific aerosol size fraction. This system, which is already in use for monitoring and control of combustion processes, may also be used for the "on-line" control of manufacturing processes which are concerned with nm-material yields. Aerosols in the observed size ranges can, because of their size and highly specific surface, interact very strongly with gases. Experiments with various aerosols and ozone have demonstrated changes in the nature of the particles and in the ozone concentration. The properties, technical uses, and environmental relevance of ozone is demonstrated and discussed. Also demonstrated is how nitrous oxide-free ozone can be produced simply from air by use of an excimer lamp. When observing the interaction between aerosols and ozone, it can be seen that the ozone concentration rapidly decreases. An estimation shows that, in addition to the much-discussed CFC substances, aerosols may also have some influence on the concentration of stratospheric ozone.