

# **Einfluss des Ferneintrages auf die Feinstaubbelastung im Ballungsraum**

Forschungsprojekt  
des Sächsischen Landesamtes für Umwelt und Geologie  
Referat 22 „Luftqualität“  
Ansprechpartner Dr. Gunter Löschau

## **Kurzfassung zum 1. Zwischenbericht**

Januar 2007

### **Autoren:**

Dr. Erika Brüggemann, Dr. Thomas Gnauk, Prof. Dr. Hartmut Herrmann, Dr. Konrad Müller,  
Dr. Wolfram Birmili, Christa Engler, Kay Weinhold, Prof. Dr. Alfred Wiedensohler  
Leibniz-Institut für Troposphärenforschung e.V. in Leipzig

Aerosolpartikel in der Troposphäre mit einem aerodynamischen Durchmesser ( $D_{p_{aer}}$ ) von  $< 10 \mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) stehen im begründeten Verdacht, bei Langzeitexposition gesundheitliche Schäden beim Menschen zu verursachen. Diese Erkenntnis hat zur Inkraftsetzung des EU-Grenzwerts für  $\text{PM}_{10}$  von  $50 \mu\text{g m}^{-3}$  als 24-Stunden-Mittelwert ab 01. Januar 2005 geführt, wobei die Anzahl der Überschreitungen pro Jahr 35 nicht übersteigen darf. Die laufenden Messungen an den Überwachungsstationen der Landesämter haben schon bald danach gezeigt, dass an stark belasteten Messstellen, besonders in verkehrsreichen innerstädtischen Straßen, die Überschreitungshäufigkeit über das zulässige Maß hinaus gingen. Auch in Sachsen konnte diese Situation beobachtet werden.

Wirksame Maßnahmen, um die Einhaltung der maximalen Überschreitungshäufigkeit zu gewährleisten, sind allerdings nur in Kenntnis der Quellen von Partikeln und Vorläufersubstanzen, ihrer Stärke und Variation sowie der Ausbreitungswege möglich.

In mehreren Feldmesskampagnen der letzten Jahre hatte sich gezeigt, dass die bei bestimmten Wetterlagen über größere Entfernungen herantransportierten Partikelmassekonzentrationen so hohe Werte annehmen können, dass ein nur verhältnismäßig geringer Beitrag des betreffenden Stadtgebiets bereits zur Grenzwertüberschreitung führen muss. Solche Episoden wurden besonders bei östlicher und südöstlicher kontinentaler Anströmung registriert, wobei sich auch die chemische Zusammensetzung der Partikel änderte.

Zur Identifizierung und Quantifizierung der  $\text{PM}_{10}$ -Ferneinträge im Allgemeinen und in kritischen Überschreitungssituationen im Besonderen wurde vom Landesamt für Umwelt und Geologie Sachsen ein neues Forschungsprojekt initiiert und das Institut für Troposphärenforschung (IfT) nach öffentlicher Ausschreibung mit der Durchführung und wissenschaftlichen Interpretation betraut.

Im Rahmen des als Sommerkampagne bezeichneten ersten Teil dieses Projektes wurde die chemische und physikalische Charakterisierung atmosphärischer Aerosolpartikel -  $\text{PM}_{10}$  und größen aufgelöst (Partikel mit Durchmesser  $D_{p(aer)}$  0,05/0,014/0,042/1,2/3,5/10  $\mu\text{m}$ ) – im Zeitraum 01.09.2006 bis 31.10.2006 durchgeführt. Die Messungen wurden in einem Messnetz (innerhalb des Sächsischen Luftgütemessnetzes) mit unterschiedlich belasteten Stationen vorgenommen, die als Hintergrundstationen (Schwartenberg, Niesky, Melpitz), als urbaner Hintergrund (Dresden Herzogingarten) und als verkehrsbelastete Station (Dresden Nord) gekennzeichnet sind (Abbildung 1).

Für die Zuordnung zu den Quellregionen für den Raum Dresden wurden folgende Anströmsektoren festgelegt:

- Südwest bis Nordnordost (Hintergrundstation Melpitz)
- Nordnordost bis Südost (Hintergrundstation Niesky)
- Südost bis Südwest (Hintergrundstation Schwartenberg)

Die Zuordnung der Proben zu den Anströmsektoren erfolgte in einem ersten Schritt mittels 96-Stunden – Rückwärtstrajektorien (NOAA HYSPLIT).



Abb. 1: Lage der Messstationen

Die aus jedem der definierten Anströmsektoren für Dresden Nord mit zugehöriger Hintergrundstation (West-Melpitz/Südost-Schwarzenberg/Ost-Niesky) ausgewählten Partikelproben zeigten starke Hinweise auf bedeutende Ferntransportanteile für die Partikelmasse und verschiedene Komponenten (vor allem Sulfat) bei östlicher Anströmung aus Polen und bei südöstlicher Anströmung aus Tschechien (Abbildung 2). Der Unterschied der  $PM_{10}$ -Konzentrationen zwischen der verkehrsdominierten Station Dresden Nord und der urbanen Hintergrundstation Dresden Herzogingarten ist an Werktagen deutlich größer als an Sonnabend/Sonntagen. Die Ursache dafür kann zum Teil dem lokalen Verkehr, aber wahrscheinlich auch dem Baugeschehen (an Werktagen) zugeschrieben werden.

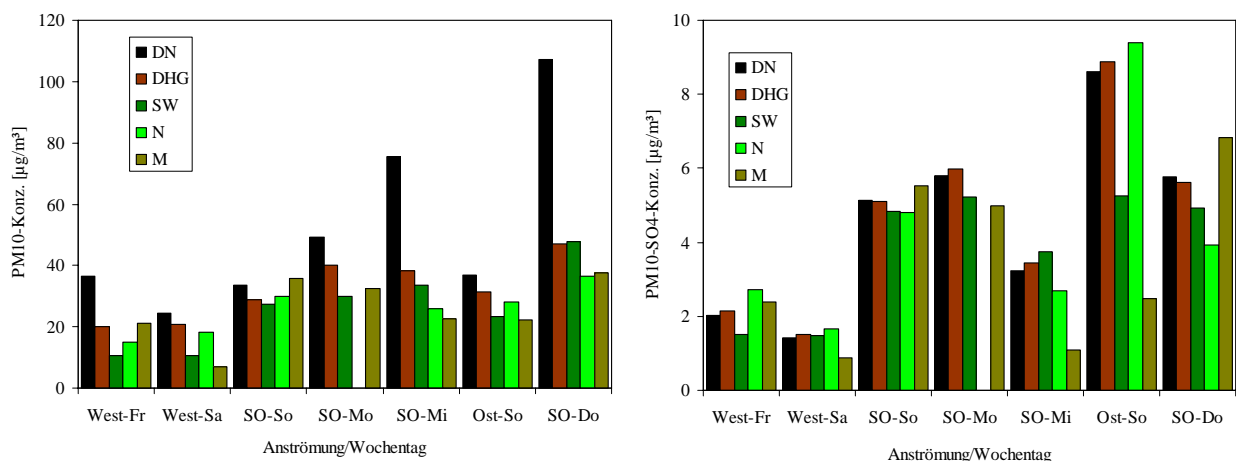


Abb. 2: Masse- und Sulfatkonzentration der  $PM_{10}$ -Messungen (Digital-HVS) aller Messstationen

Die größen aufgelösten Messungen zeigen, dass – anders als bei Westanströmung – Luftmassen aus dem Osten besonders im langlebigen Partikelgrößenbereich von  $0,42\text{-}1,2\ \mu\text{m}$  mit beträchtlichen Mengen an Partikelmasse beladen sind (Abbildung 3).

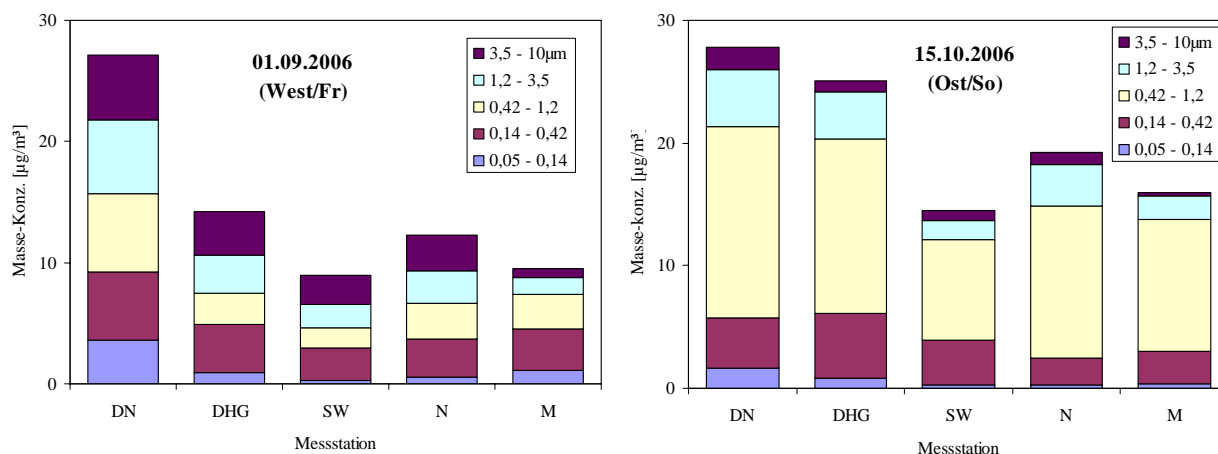


Abb. 3: Größenaufgelöste Partikelmassekonzentration nach Anströmungsrichtung

Der in Bezug auf Verkehrsemissionen besonders wichtige Feinstaubbereich ( $D_{p_{aer}} = 0,05-0,14 \mu\text{m}$ ) lässt bei allen Anströmrichtungen an der Station Dresden Nord ein Mehrfaches der OC/EC-Konzentration der beiden anderen erkennen. Die in den langlebigen Partikeln der mittleren Größenklasse ( $D_{p_{aer}} = 0,42-1,2 \mu\text{m}$ ) gefundenen OC/EC-Mengen sind bei Ostanströmung zum überwiegenden Teil (mehr als drei Viertel) in der Hintergrundkonzentration schon enthalten und stammen damit aus Polen (Abbildung 4).

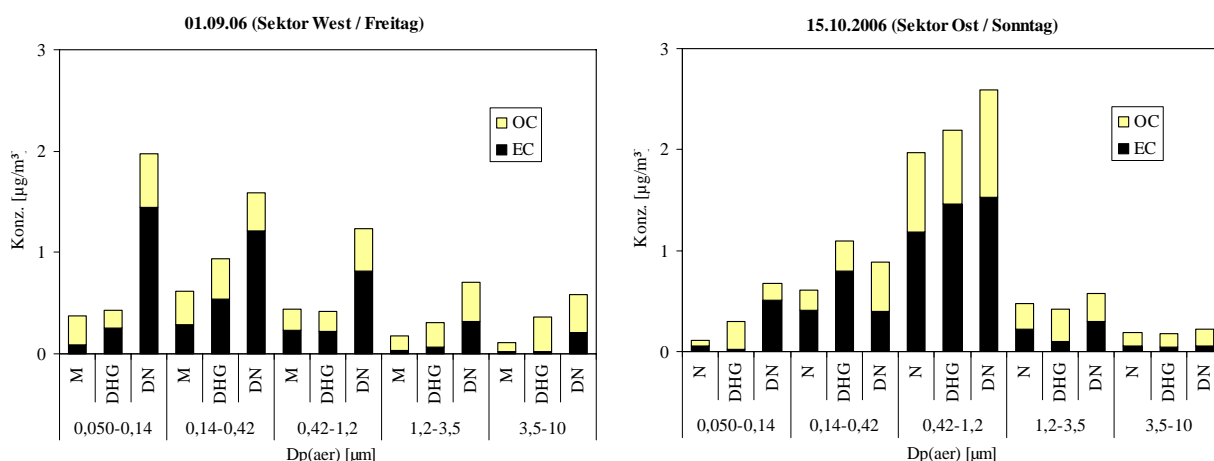


Abb. 4: Größenaufgelöste OC/EC-Konzentration nach Anströmung

Die Quellenzuordnung der einzelnen Komponenten (Masse, anorganische Hauptionen, OC/EC, Metalle, organische Einzelspezies) erfolgte nach dem Lenschow-Ansatz (Differenzbildung):

**Verkehrsstation - urbaner Hintergrund** = lokaler Verkehrseinfluss  
**urbaner Hintergrund - Hintergrund** = städtische Quellen  
**Hintergrund** = regionale/globale Quellen

Daraus wird u. a. erkennbar, dass der lokale Verkehrsanteil der Partikelmassekonzentration im Größenbereich  $0,05-0,14 \mu\text{m}$  bis 70 % erreichen kann. Die EC-Verkehrsanteile sind ebenfalls am größten und erreichen an Station Dresden Nord bei allen Anströmrichtungen etwa 80 bis >90% der gesamten EC-Menge, was die überragende Bedeutung der

Verkehrsemissionen in diesem für die Gesundheitsvorsorge besonders wichtigen Größenbereich nochmals hervorhebt.

Während der beschriebenen Forschungsstudie wurden an den Messstandorten auch detaillierte physikalische Messungen an Umweltaerosolen durchgeführt. Zum Einsatz kamen hierbei Differentielle Partikelgrößenpektrometer (DMPS) sowie Aerodynamische Partikelgrößenpektrometer (APS). Die Stärke der physikalischen Messungen liegt darin, dass luftgetragene Partikel zwischen 3 Nanometern und 10 Mikrometern sowohl mit hoher Zeit- als auch Korngrößenauflösung vermessen werden können. Insbesondere die DMPS-Instrumente sind in der Lage, die Umgebungskonzentrationen ultrafeiner Partikel, die als Größenbereich zwischen 3 und 100 Nanometern definiert sind, mit hoher Genauigkeit zu bestimmen. Ultrafeinen Partikeln wird aufgrund ihrer hohen Eindringtiefe in die menschliche Lunge und ihrer chemischen Zusammensetzung ein erhöhtes Gesundheitsrisiko zugeschrieben. Die DMPS-Messungen erlauben eine systematische Untersuchung des räumlichen Vorkommens dieser Partikel in Sachsen und daher in Umwelteffekte, die bisher noch nicht vom Gesetzgeber reguliert werden.

Abbildung 5a stellt für einen ausgewählten Tag die Partikelanzahl-Größenverteilung des Umgebungsaerosols dar, die vor allem durch die DMPS-Daten zwischen 3 und 800 nm gegeben ist. Die bei weitem höchsten Anzahlen an Partikeln wurden an der innerstädtisch gelegenen Messstation Dresden Nord angetroffen. Die allermeisten Partikel an diesem stark vom Straßenverkehr beeinflussten Ort haben eine Größe zwischen 10 und 20 Nanometern und stammen aus dem Abgas der unmittelbar vorbeifahrenden Kraftfahrzeuge. Die Partikelanzahlen sinken drastisch, wenn man sich von der Straßennähe in den städtischen Hintergrund bzw. gar in den ländlichen Bereich entfernt.

Abbildung 5b stellt eine einfache Abschätzung der Quellregionen für die gemessenen Partikelanzahlkonzentrationen an der Messstation Dresden Nord vor. Während Partikel des langlebigen Akkumulationsmodes (definiert durch einen geometrischen Partikeldurchmesser zwischen 120 und 800 Nanometern) zu etwa gleich großen Teilen aus dem angrenzenden KfZ-Verkehr sowie dem regionalen und überregionalen Umland stammen, wird der örtliche KfZ-Anteil bei den kleinsten Partikeln (10-40 Nanometer) mit etwa 80 % der nahezu Alleinbestimmende. Der Beitrag der diffus über das gesamte Stadtgebiet von Dresden verteilten Aerosolquellen aus Verkehr, Haushalten und Industrie erreicht für die straßennahe Messung seinen höchsten relativen Anteil bei der Partikelfraktion zwischen 40 und 120 Nanometer und wird hier mit etwa 30 % abgeschätzt.

Für die Luftreinhaltung bedeuten diese Ergebnisse, dass die in der Stadt vorherrschende Partikelkonzentration selbst bei Abschaltung sämtlicher Quellen nicht beliebig reduziert werden kann, da Umweltpartikel über lange Strecken innerhalb Europas antransportiert werden können. Örtliche Minderungsmaßnahmen, beispielsweise Verkehrsbeschränkungen, würden sich am wirksamsten auf die Belastung an ultrafeinen Partikeln auswirken.

In einer zweiten Messkampagne, bezeichnet als Winterkampagne (01.12.2006 bis 28.02.2007), werden die  $PM_{10}$ - und größen aufgelösten Messungen fortgesetzt. Die Kombination der erhaltenen chemischen und physikalischen Ergebnisse sollen eine Quellenidentifizierung und -quantifizierung unter Einbeziehung grenzüberschreitender Schadstofftransporte ermöglichen.

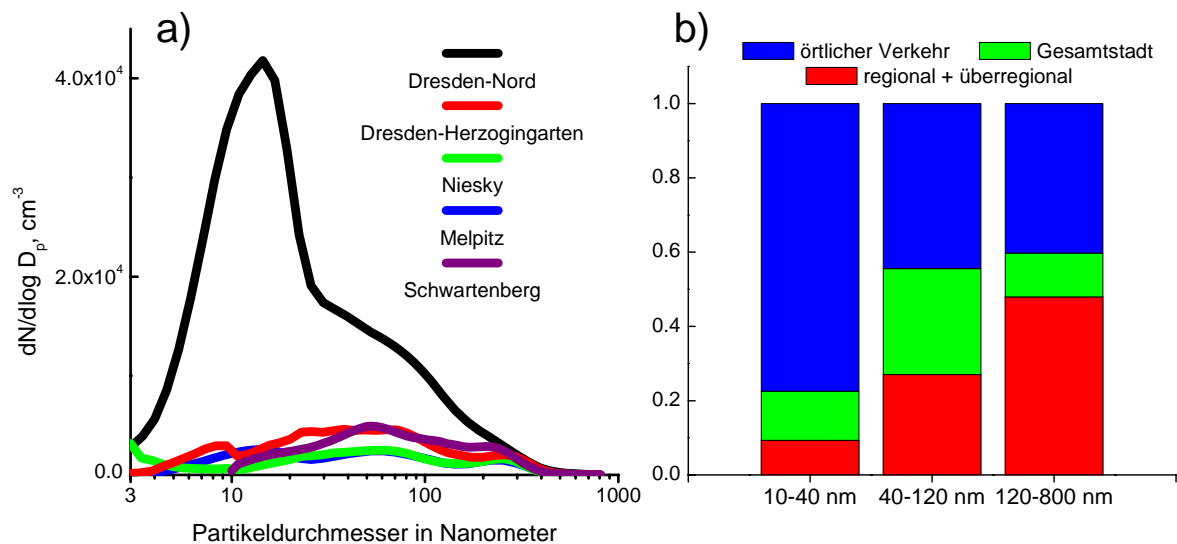


Abb. 5: Ergebnisse physikalischer Aerosolmessungen in Sachsen: a) Anzahl-Größenverteilung gemessener Umweltpartikel an 5 Messstationen in Sachsen, am Beispiel von Tagesmittelwerten des 6. November 2006, b) Geschätzte relative Anteile der räumlichen Quellgebiete, die für die an der Station Dresden Nord bestimmten Partikelanzahlkonzentration verantwortlich sind, getrennt nach 3 Korngrößenklassen in nm und bezogen auf den Zeitraum September bis November 2006.