

Kurzdarstellung:

Korngrößendifferenzierte Feinstaubbelastung in Straßennähe in Ballungsgebieten Sachsens
Eigenforschungsprojekt des Sächsischen Landesamtes für Umwelt und Geologie 1.4.2003 - 31.12.2004, H. Gerwig

Ziel, Durchführung

Ziel der Untersuchung war es, die Zusammensetzung und die Herkunft des Feinstaubes der Umgebungsluft an einem Ort mit hohem Verkehrsaufkommen zu untersuchen.

Feinstaub besteht aus festen Bestandteilen der Luft, die kleiner als ein Zehntel der Dicke eines menschlichen Haares sind (PM_{10} = Partikel mit einem Durchmesser kleiner als 10 Mikrometer). Diese Partikel sind unterschiedlich groß und bestehen hauptsächlich aus aufgewirbeltem Bodestaub, aus durch gasförmige Stoffe gebildeten Partikeln (Ammonium, Nitrat und Sulfat), aus Wasser, aus durch den Menschen oder die Natur freigesetzte kohlenstoffhaltige Stoffe (= organische Materie), aus Dieselruß und andern Rußarten (z. B. aus der Holz- und Kohlefeuerung) sowie aus Meeressalz. Bodestaub kann insbesondere an Orten in Verkehrsnähe aus Erdkrustenmaterial, Fahrzeugkorrosion, Bremsabrieb und Straßenabrieb stammen.

Die Konzentrationen des Feinstaubes sind abhängig von den Bedingungen am Messstandort (Vorbelastung der herangetragenen Luft, lokale Zusatzbelastung) sowie Wetter, Jahreszeit und Wochentag. Deshalb wurden Tagesproben an drei unterschiedlichen Messstationen (Verkehrsstation am Schlesischen Platz Dresden, städtische Hintergrundstation in einer 400 Meter entfernten Nebenstrasse und Stadtrandstation Radebeul-Wahnsdorf) von 2 Wochen im Winter und 3 Wochen im Sommer untersucht. Der Jahresverlauf der verschiedenen Feinstaubinhaltsstoffe an der Verkehrsstation wurde anhand von 184 Tagesproben bestimmt.

Zusätzlich wurden korngrößendifferenzierte Staubproben gesammelt. Dabei werden Partikel nach dem Partikeldurchmesser eingeteilt in ultrafeine Partikel (kleiner 0,1 Mikrometer), feine Partikel (0,1 bis 1 Mikrometer) und grobe Partikel (1 bis 10 Mikrometer). In der medizinischen Fachliteratur wird $PM_{2,5}$ (Partikel mit einem Durchmesser kleiner als 2,5 Mikrometer) als „lungengängiger“ Feinstaub beschrieben, der mindestens bis zu den Bronchiolen vordringt.

Die Messungen haben im Vergleich zu den komplizierten Wechselwirkungen und Eingangsgrößen eher orientierenden Charakter. Die einzelnen Tendenzen können durch die Anwendung verschiedener Auswerteverfahren und den umfangreichen Vergleich mit der Literatur als gesichert angesehen werden.

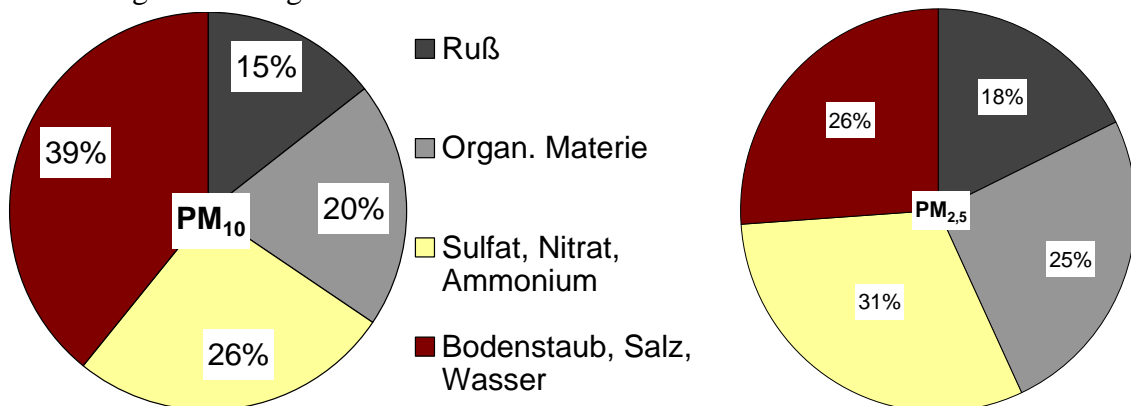


Abb. 1 Hauptbestandteile im Feinstaub (PM_{10}) und Feinstaubanteil $PM_{2,5}$ an der Verkehrsstation am Schlesischen Platz in Dresden

Ergebnisse der Tagesprobenahmen von Feinstaub

An der Verkehrsstation wurde zwischen August 2003 und August 2004 im Mittel Feinstaubkonzentrationen von 29,1 Mikrogramm pro Kubikmeter Luft gefunden. Der Feinstaub bestand zu 36 Prozent aus größeren Partikeln von 2,5 bis 10 Mikrometer Durchmesser und zu 64 Prozent aus dem Feinstaubanteil $PM_{2,5}$. Die ermittelten mittleren Hauptbestandteile sind in Abb. 1 dargestellt.

Folgende Tendenzen und Ergebnisse können zusammengefasst werden:

- Mit zunehmender Windgeschwindigkeit und damit besseren Austauschbedingungen der Atmosphäre sanken die Konzentrationen des Feinstaubanteils $PM_{2,5}$ sowie der Inhaltsstoffe Blei und Ruß ab. Dagegen erhöhten sich bei diesen Bedingungen die Konzentrationen der Meersalzkomponenten Magnesium, Natrium und Chlorid.
- Die Konzentrationen folgender Bestandteile in der kleineren Fraktion des Feinstaubes stiegen im Winter deutlich an: Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), Spurenbestandteile (Arsen, Cadmium und Blei), Nitrat, Ammonium und organischer Materie.
- Der relative Verlauf des Wochengangs der Kfz-Anzahl war sehr ähnlich dem Verlauf von Ruß, aufgewirbeltem Bodenstaub (u. a. Eisen, Titan, Calcium) und Bremsabrieb (Eisen, Antimon und Kupfer) in den größeren Partikeln des Feinstaubes.
- Fast ein Hundertstel der Partikelmasse in der Nähe des Straßenverkehrs bestand aus Spurenelementen und Schwermetallen u.a. Antimon, Kupfer, Chrom und Nickel welche vermutlich aus Bremsabrieb und Fahrzeugkorrosion stammen. Sie befanden sich vornehmlich in den größeren Partikeln des Feinstaubes, die zwischen 2,5 und 10 Mikrometer groß sind.
- Mit zunehmendem räumlichem Abstand vom Verkehr nahmen sowohl der Bodenstaubanteil im Feinstaub als auch die Konzentration des Feinstaubes ab.
- Die Variabilität der täglichen Feinstaubkonzentration wurde entscheidend durch den Ferntransport von sekundär gebildetem Feinstaubanteil $PM_{2,5}$ (Ammonium, Nitrat, Sulfat und Organischer Materie) sowie Bodenstaub beeinflusst.
- Die mittlere Feinstaubkonzentration an der Verkehrsmessstelle ist um ca. 6 bis 7 Mikrogramm pro Kubikmeter gegenüber dem übrigen Stadtgebiet erhöht.
- Der örtliche Verkehr an der Verkehrsstation war für ca. ein Viertel der Feinstaubmasse an Werktagen verantwortlich. Dieser Anteil stammte aus:
 - aufgewirbeltem Bodenstaub: 11 Prozentpunkte (Eisen, Titan, u.a.)
 - Streusalz der Winterstreudienste: 2 Prozentpunkte
 - Ruß aus Reifenabrieb (1,4%) und Auspuff (5,1%): 7 Prozentpunkte
 - kohlenstoffhaltigen Stoffen (organische Materie) 2 Prozentpunkte
 - Sulfat, Nitrat, Ammonium, Spurenelemente 1 Prozentpunkt
- 44% des Feinstaubes stammten aus dem Verkehr, der den örtlichen Verkehr an der Straße (23%) und den Verkehr im übrigen Stadtgebiet Dresdens (8%) sowie den ländlichen Hintergrund (12%) einschließt.

Quellenzuordnung unter Berücksichtigung der Bildung von Sekundäraerosolen

Die Anteile der verschiedenen Verursacher (und insbesondere die des Verkehrs) wurden durch die Zuordnung von Emissions- zu Immissionsdaten sowie durch ein mathematisches Verfahren (Hauptkomponentenanalyse) bestimmt. Das Ergebnis der Zuordnung von Emissions- zu Immissionsdaten zeigt Abb. 2. Allerdings konnte ein Drittel des herantransportierten Feinstaubs (organische Materie, Bodenstaubanteile) nur ungenau den Verursachern zugeordnet werden. Bis zu Zweidrittel des Feinstaubs in hoch belasteten Stadtgebieten können vom Menschen beeinflussten Quellen zugeordnet werden. Das restliche Drittel stammt aus natürlichen Quellen, der Landwirtschaft oder ist nicht weiter unterscheidbar. Abb. 3 zeigt die Zusammensetzung des Feinstaubs, der vom Verkehr verursacht wurde.

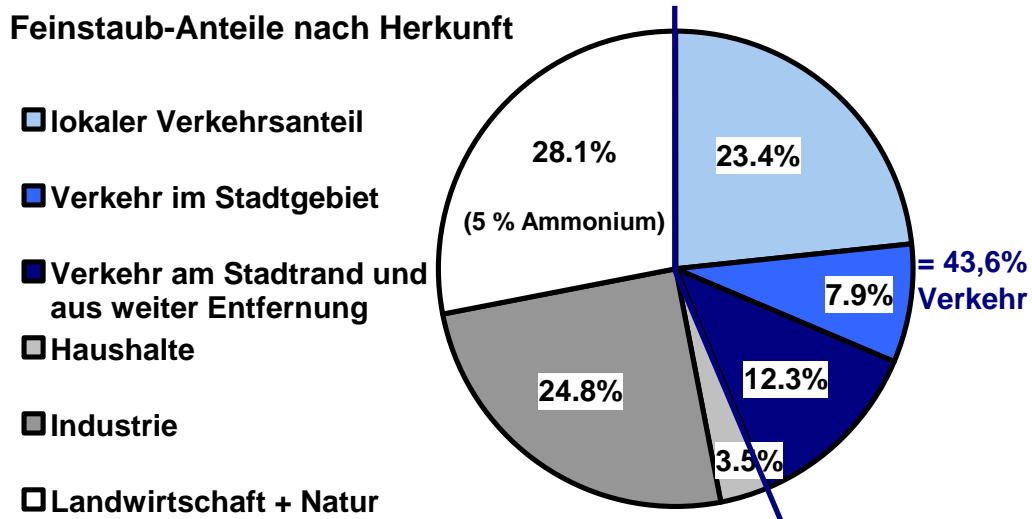


Abb. 2: Anteil der Hauptquellen am Feinstaub (PM₁₀) an der Verkehrsstation

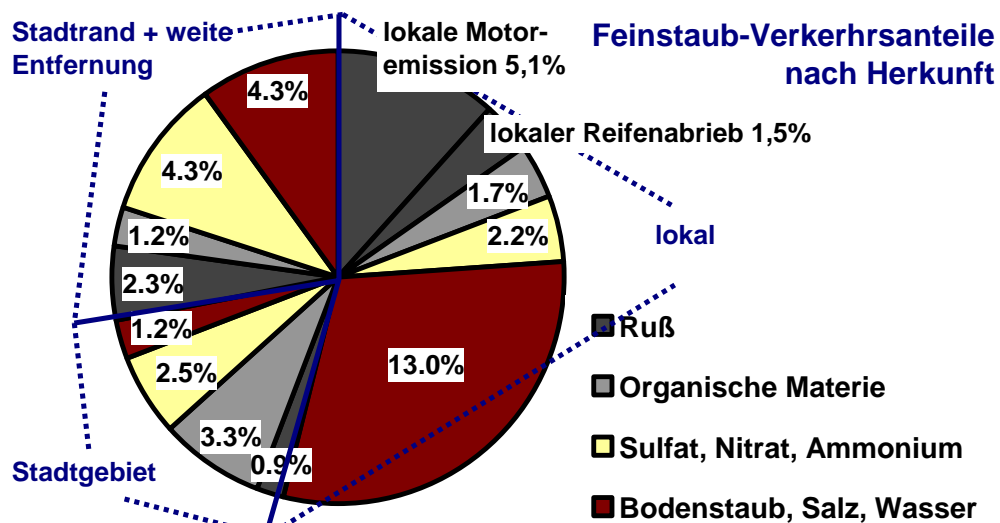


Abb. 3: Verkehrsanteil in Feinstaub (PM₁₀)

Ergebnisse der Korngrößendifferenzierten Staubprobenahmen

Der prozentuale Anteil von Ruß steigt mit sinkendem Partikeldurchmesser an (Abb. 4). Über die Hälfte des Ultrafeinstaubes (0,056 bis 0,100 Mikrometer Partikeldurchmesser) bestand aus kohlenstoffhaltigen Stoffen. Die Grobstaubfraktion (1,2 bis 10 Mikrometer Partikeldurchmesser) von PM_{10} bestand hauptsächlich aus Bodenstaub und Wasser sowie Seesalz und Streusalz. Die Partikel des besonders weit über den Luftweg transportierbaren Akkumulationsmodus (0,32 bis 1,8 Mikrometer Partikeldurchmesser) bestanden zu einem Drittel aus sekundär gebildetem Aerosol (27 bis 36 Prozent Ammonium, Sulfat und Nitrat), Nitrat war auch wichtiger Bestandteil der groben Partikel bis 10 Mikrometer Durchmesser.

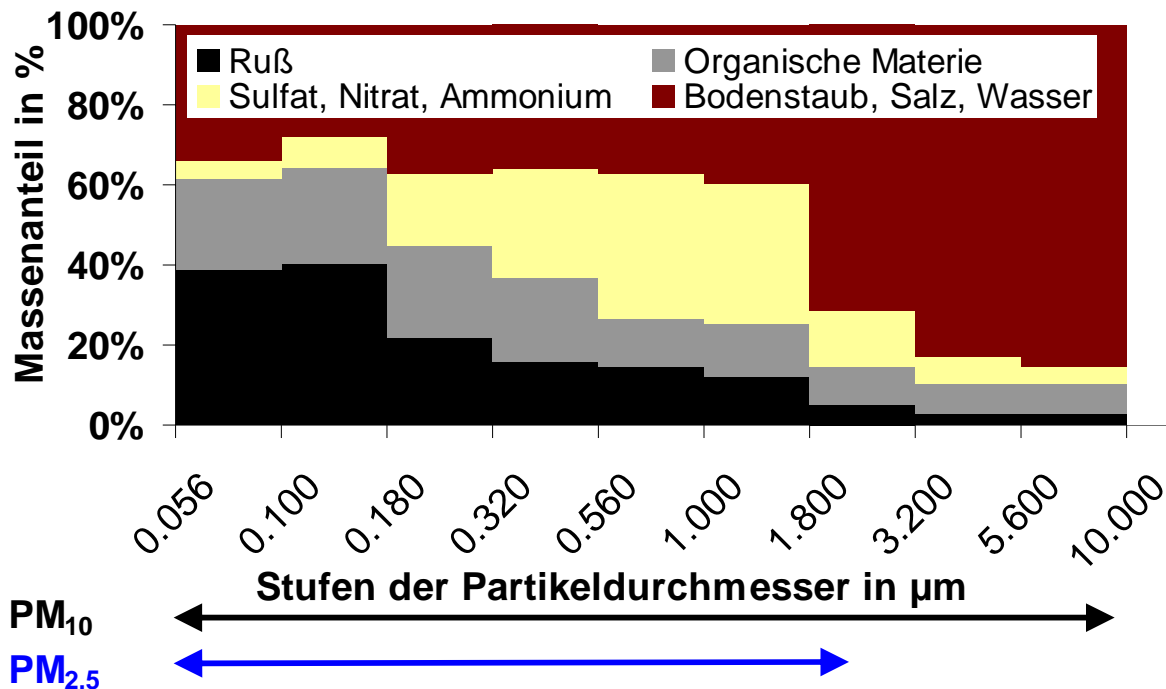


Abb. 4 Mittlere Verteilung der Partikel-Hauptbestandteile (MOUDI-Impaktor)

Analyse der Tagesgrenzwertüberschreitungen

Starke örtliche Schadstoffemissionen führen vor allem dann zur Überschreitung von Grenzwerten, wenn gleichzeitig vorbelastete Luftmassen herantransportiert wurden. An allen Tagen mit Feinstaubkonzentrationen größer 50 Mikrogramm pro Kubikmeter galt, dass

- eine mittlere Windgeschwindigkeit von ein Meter pro Sekunde gemessen wurde,
- es mehrere Tagen vorher nicht geregnet hatte,
- der Anteil des Ferntransportes durch Luftmassen bestimmt wurde, die innerhalb von vier Tagen vor der Ankunft in Dresden aus den Ruhrgebiet, dem Böhmischem Becken oder Südwest Polen jedoch nie ausschließlich über den Nordatlantik oder Skandinavien herantransportiert wurden.

Die Mehrzahl der Überschreitungen trat ausschließlich an Tagen mit Temperaturen unter dem Gefrierpunkt und einem hohen Anteil Ammonium, Nitrat und Sulfat auf. An anderen Überschreitungstagen wurde ein hoher Anteil Bodenstaub bei Temperaturen oberhalb des Gefrierpunkts ermittelt. Nur 3 von 27 Überschreitungstagen traten im Sommerhalbjahr auf (April bis September).