

Internet – Kurzfassung zum Abschlussbericht

Einfluss des Ferneintrages auf die Feinstaubbelastung im Ballungsraum

Forschungsprojekt
des Sächsischen Landesamtes für Umwelt und Geologie (LfUG)
Referat 22 „Luftqualität“
Ansprechpartner: Dr. Gunter Löschau
Dezember 2007

Autoren: Erika Brüggemann, Thomas Gnauk, Hartmut Herrmann, Konrad Müller
Wolfram Birmili, Christa Engler, Kay Weinhold, Alfred Wiedensohler
Leibniz-Institut für Troposphärenforschung e.V., 04318 Leipzig

Motivation

Schwebstaubpartikel in der Troposphäre mit einem aerodynamischen Durchmesser von $D_{p_{aer}} < 10 \mu\text{m}$ (PM_{10}) stehen in begründetem Verdacht, gesundheitliche Schäden bei Menschen zu verursachen, die Langzeitexpositionen ausgesetzt sind. Das führte zur Inkraftsetzung einer EU-Richtlinie, die einen PM_{10} -Grenzwert von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ als 24-Stunden-Mittelwert festlegte, der nicht öfter als an 35 Tagen im Jahr überschritten werden darf. Messungen an den Überwachungsstationen der Landesämter haben gezeigt, dass an stark belasteten Messstellen, besonders in verkehrsreichen innerstädtischen Straßen, die Überschreitungshäufigkeiten über das zulässige Maß hinausgingen. Das konnte auch in Sachsen beobachtet werden, wobei aber auch festgestellt wurde, dass bei bestimmten Wetterlagen über größere Entfernungen heran transportierte Partikelmassekonzentrationen Werte annehmen konnten, die schon nahe an den Grenzwert heranreichten.

Wirksame Maßnahmen zur Einhaltung der EU-Richtlinie erfordern deswegen Kenntnisse über die Emissionsquellen von Partikeln und Vorläufersubstanzen, der Quellstärke und Variation sowie der Ausbreitungswege unter verschiedenen meteorologischen Bedingungen.

Zur Identifizierung und Quantifizierung der PM_{10} -Ferntransporteinträge wurde vom LfUG in Sachsen das vorliegende Projekt initiiert und nach öffentlicher Ausschreibung das IfT mit der Durchführung und Interpretation betraut.

Projektkonzeption und -durchführung

Die Untersuchung der grenzüberschreitenden Beiträge der an sächsischen Messstationen festgestellten Partikelkonzentrationen erforderte ein System grenznaher Stationen in verschiedenen Richtungen. Das Projektmessnetz mit Dresden im Mittelpunkt umfasste fünf Stationen: die Verkehrsstation Dresden-Nord (DN), die urbane Hintergrundstation Dresden-Herzotingarten (DHG) sowie drei regionale Hintergrund(HG-)stationen, nämlich Melpitz (M), Niesky (N) und Schwarzenberg (SW). Die Aufteilung der Anströmungsrichtungen in einen östlichen (HG-Station N), südöstlichen (HG-Station SW) und westlichen Sektor (HG-Station M) folgte der angestrebten Trennung bekannter Emissionsgebiete in Polen (Oberschlesien) und Tschechien (Böhmisches Becken). An den Stationen N und SW in Grenzlage kann bei entsprechender Anströmung die gemessene Luftbelastung als grenzüberschreitender Ferntransportbeitrag angesehen werden. An Station M kann bei West/Nordwest-Anströmung der Eintrag maritimer Luft mit Beiträgen aus den nördlichen Bundesländern, bei West/Südwest-Anströmung der Eintrag von Luftmassen mit langer kontinentaler Zugbahn angenommen werden (Abbildung 1).

Das Projekt wurde über den Zeitraum eines Jahres angelegt. Angepasst an die Messnetzroutine der im Auftrag des LfUG arbeitenden Umweltbetriebsgesellschaft (UBG) wurde, unabhängig von der Wetterlage, ein starres Regime zur 24-Stunden-

Partikelprobenahme an jedem vierten Kalendertag durchgeführt. Dabei wurden in die ganzjährige PM₁₀-Beprobung mit DIGITEL-HV-Filternsammlern (09/2006-08/2007) zwei Intensivkampagnen mit größen aufgelösten BERNER-Impaktor-Messungen (Partikel-Abscheidegrenzen $D_{p, aer}$: 0,05/0,14/0,42/1,2/3,5/10 μ m, entsprechend den Stufen 1-5) ebenfalls im Viertagesrhythmus im Sommer (01.09.-31.10.06) und im Winter 01.12.06-28.02.07) eingebettet. Parallel dazu liefen DIGITEL-PM_{2,5}-Probenahmen (Massebestimmung) sowie die zeitaufgelöste (Halbstunden-Mittelwerte) Massebestimmung mittels TEOM.

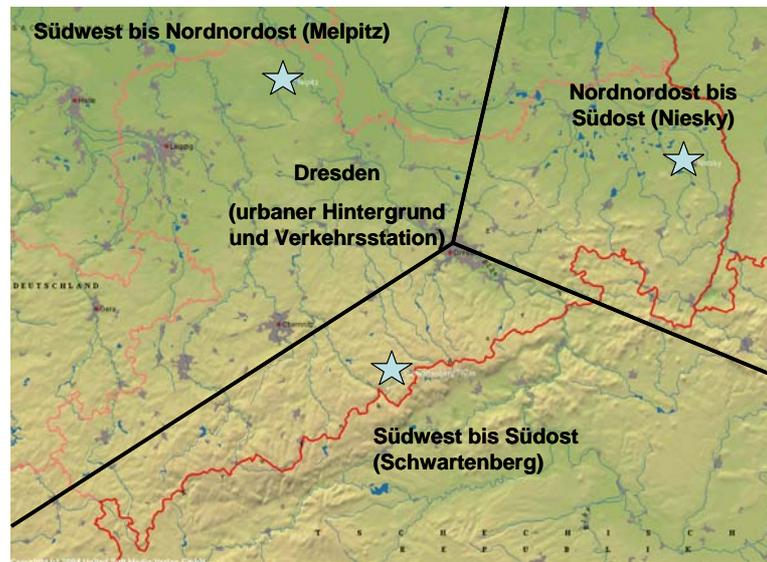


Abb. 1: Anströmungssektoren und zugehörige Hintergrundstationen in Sachsen

Die physikalische Partikelcharakterisierung erfolgte durch zeitlich hoch aufgelöste Messungen der Partikelgrößenverteilung mit TDMPS/SMPS ($3\text{nm} < D_p < 800\text{nm}$) und APS ($0,8\mu\text{m} < D_p < 10\mu\text{m}$). Daneben wurden alle zur Beurteilung der Wetterlage wichtigen meteorologischen Parameter erfasst, anhand der zugänglichen Messungen die Mischungsschichthöhe abgeschätzt sowie die Zugbahnen der Luftmasse mittels 96-Stunden Rückwärtstrajektorien (NOAA HYSPLIT) berechnet. Die Strömungsverhältnisse innerhalb Sachsens wurden durch Ausbreitungsrechnungen unter Anwendung des COSMO-MUSCAT-Modellsystems simuliert.

Die Festlegung der zur weiteren Interpretation zugelassenen Ereignisse erfolgte nach strengen Auswahlkriterien. Aus dem während der Intensivkampagnen erhaltenen Proben-Pool wurden anhand von Trajektorienverlauf (Zuordenbarkeit zu einem der Sektoren), Meteorologie (z.B. Niederschlag, Mischungsschichthöhe) und Homogenität der Luftmasse (durch die kontinuierlichen Partikelmessungen) letztlich nur 12 größen aufgelöste Ereignisse zugelassen. Dadurch waren die statistische Aussagekraft der angestellten Vergleiche und die Verallgemeinerung der Aussagen stark eingeschränkt. Für allgemeingültige Betrachtungen müssen deutlich größere Fallzahlen vorliegen. In dieser Hinsicht waren die PM₁₀-HV-Filterproben, die insgesamt 67 über das ganze Jahr verteilte zugelassene Ereignisse repräsentierten, statistisch deutlich besser belastbar. Eine Repräsentativitätsuntersuchung zeigte, dass die Südost/Ost-Anströmungen in der Menge der ausgewählten 12 Ereignisse gegenüber der langjährigen natürlichen Windrichtungsverteilung überrepräsentiert waren.

Nach der Massebestimmung aller vorhandenen Proben wurde von den ausgewählten Proben eine möglichst umfassende chemische Analyse durchgeführt. Mit der Gesamtheit der Ergebnisse wurden physikalische und chemische Massenschließungen durchgeführt, die

zufrieden stellend ausfielen und dadurch das Vertrauen in die Konsistenz der Messungen verstärken konnten.

Auswertung und Interpretation

Die zugelassenen Ereignisse wurden zunächst (sowohl als PM₁₀ als auch größen aufgelöst in fünf Stufen) hinsichtlich ihrer chemischen Zusammensetzung untersucht.

Bei Betrachtung der PM₁₀-HV-Filterproben, die an den Messstationen der Landesämter die Massewerte liefern, mit denen die Einhaltung des EU-Grenzwerts kontrolliert wird, können während des Projektjahres insgesamt an sieben der 92 Messtage Überschreitungen des Grenzwerts der PM₁₀-Partikelkonzentration von 50 µg/m³ an einer oder an mehreren Stationen festgestellt werden. Dabei waren an fünf dieser Tage Südost- oder Ostanströmung und an zwei Tagen Westanströmung vorherrschend, die meisten Überschreitungen (an sechs Tagen) waren erwartungsgemäß an Station DN zu verzeichnen. Signifikanztests der durch die verschiedenen Anströmungsrichtungen entstandenen Differenzen zeigten, dass Luftmassen mit südöstlicher, östlicher und westlich-kontinentaler Herkunft signifikant höher mit Partikeln belastet sind als westlich-maritime Luftmassen. Die chemische Zusammensetzung variiert ebenfalls und weist bei südöstlich/östlicher Anströmung höhere Anteile an Sulfat und EC auf.

Die größen aufgelöste Partikelcharakterisierung (Masseverteilung in Abbildung 2) liefert zusätzliche Informationen über die Herkunft und die Geschichte der betrachteten Partikel, wobei deren Lebensdauer in der Atmosphäre ein von der Partikelgröße abhängiger Schlüsselparameter ist, der zusammen mit den meteorologischen Bedingungen die Entfernung bestimmt, über die Partikel verfrachtet werden können. Es hat sich gezeigt, dass selbst Ultrafeinpartikel (UFP) mit D_{p,aer} = 50 nm bei normalen Windgeschwindigkeiten (3 m/s) und einer Lebensdauer von etwa 20 Stunden noch über Distanzen von etwa 200 km transportiert werden können. Die langlebigsten Partikel mit Lebensdauern bis zu 10 Tagen und mehr befinden sich in der Fraktion mit D_{p,aer} = 0,42-1,2 µm.

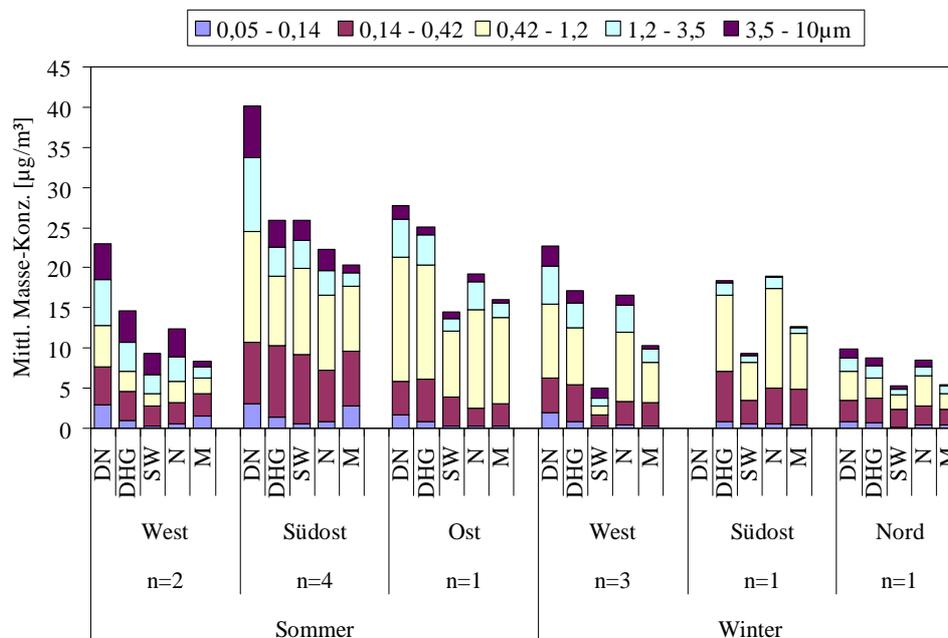


Abb. 2: Mittlere größen aufgelöste Massekonzentration nach Anströmung für Sommer/Winter

Die mittlere Masseverteilung auf die fünf Impaktor-Größenklassen betrug für die Stufen 1 bis 5 im Sommer 2006 etwa 9, 19, 36, 20 und 16%, im Winter 2006/07 dagegen 8, 18, 43, 21 und 10% der Gesamtmasse. Sommer/Winter-Differenzen ergaben sich auf Stufe 3 (höherer Anteil im Winter durch erhöhten Verbrauch fossiler Brennstoffe und Ferntransport der langlebigen Partikel) und Stufe 5 (verstärkte Grobstaubaufwirbelung in trockenen Sommerperioden). Bei Anströmung aus West und Nord war die Masseverteilung über die Impaktorstufen ausgeglichener als bei Südost- und Ostanströmung, bei denen mit Stufe 2 und 3 der Ferntransportanteil dominiert. Die Winter/Sommer-Differenzen betragen bei Westanströmung an den Stationen DN, DHG und M zwischen 3 und 4,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Sulfat zeigte die höchsten Konzentrationen im langlebigen Partikelgrößenbereich von 0,14-1,2 μm , der weit transportiert werden kann. Dabei war die Sulfatkonzentration bei Ostanströmung vierfach und bei Südostanströmung siebenfach höher als bei Westanströmung. Bei West-, Südost- und Ostanströmung war im Vergleich die Gesamtkohlenstoffkonzentration (TC: Total Carbon) an der Verkehrsstation DN immer am höchsten. An dieser Station war auch ein besonders hoher UFP-Anteil (bis zu 31%) für TC zu finden, der zweifellos auf die direkten Verkehrsemissionen in unmittelbarer Nähe zurückgeführt werden kann. Dominierend ist für TC der langlebige Partikelbereich von 0,14-0,42 und 0,42-1,2 μm , der als „Transportfraktion“ bezeichnet werden könnte. 70-85% des gesamten TC waren bei Südost- und Ostanströmung in dieser Fraktion zu finden, ähnlich viel bei westlich-kontinentaler, aber deutlich weniger (ca. 50%) bei westlich-maritimer Anströmung. Neben dem Ferntransportanteil können sich in dieser Fraktion auch direkte Emissionen aus Braunkohlefeuerungen (Hausbrand, Kohlekraftwerke) manifestieren, die jedoch tendenziell weiter im Rückgang begriffen sind.

Die analysierten partikulären Metalle Al, Fe und Ti, unter die hier auch das Si eingeordnet wurde, sind hauptsächlich geogenen Ursprungs. Andere Quellen sind Kohleverbrennung (Fe und Ti) sowie Abrieb (z.B. Fe von Straßenbahnschienen) oder Aufwirbelung von Si im Straßenstaub. Konzentrationsmittelwerte über alle Größenbereiche waren 85 ng/m^3 für Si, 52 ng/m^3 für Fe und 56 ng/m^3 für Al, für Ti liegen die Werte mit durchschnittlich 3 ng/m^3 etwa eine Größenordnung niedriger.

Die partikulären Alkankonzentrationen bewegten sich im Sommer im Konzentrationsbereich bis etwa 16 ng/m^3 in DN, im Winter wurden bis zu 28 ng/m^3 in DHG gefunden. Südost- und Ostanströmung verursachten im Sommer 2006 etwa doppelt so hohe Alkankonzentrationen wie bei Westanströmung. Im Sommer lieferte der regionale Hintergrund erhebliche Anteile der in der Stadt gemessenen Alkane, die aus biogenen Quellen stammten. Dies wird ersichtlich aus dem erhöhten CPI-Wert der Alkane im Größenbereich 0,42-3,5 μm , während die niedrigeren CPI-Werte von 1-2 bei kleineren Partikeln auf anthropogene Verkehrsemissionen hinweisen. Im Winter waren die Alkankonzentrationen vor allem im Bereich 0,14-1,2 μm deutlich höher als im Sommer, was den urbanen Heizungsquellen und nicht dem Verkehr zuzuschreiben sein dürfte.

Die gefundenen partikulären PAK-Konzentrationen lagen im Bereich $< 5 \text{ ng}/\text{m}^3$ und manifestierten sich besonders in den Größenbereichen 0,14-0,42 und 0,42-1,2 μm . Weiterhin waren die im Winter in DN und DHG gemessenen Werte um das Drei- bis Vierfache höher als in der Hintergrundstation M. In DN war gegenüber DHG und M ein erhöhter PAK-Wert im UFP-Bereich zu beobachten, der sicher aus Verkehrsemissionen stammt. Die Winterproben in DN und DHG zeigen, dass PAK hauptsächlich von urbanen Quellen emittiert wurden, da die Konzentration an der Hintergrundstation sehr viel geringer war.

Mit der Gesamtheit der Komponentenkonzentrationen wurde eine chemische Massenschließung durchgeführt, die auch Krustenmaterial und Wassergehalt berücksichtigt.

Da die Werte der wichtigsten Krustenmaterialien Si, Fe, Al, Ti und Ca zur Verfügung standen, konnte mit Hilfe einer in der Literatur vorgeschlagenen empirischen Formel der Anteil des Krustenmaterials im bis dahin unidentifizierten Rest ebenso wie der Wassergehalt abgeschätzt werden. Mit diesem Verfahren wurde der Anteil des verbleibenden unidentifizierten Rests erheblich verringert, so dass eine zufrieden stellende Schließung erzielt werden konnte.

Die kontinuierliche Messung der Partikelgrößenverteilung machte es möglich, den Verlauf von Tagesgängen der Partikelanzahlkonzentration in mehreren Größenbereichen (10-30 nm, 30-200 nm, 200-600 nm) an verschiedenen Stationen und Wochentagen zu untersuchen. Beim Vergleich der Stationen werden die verkehrsbedingten Spitzen am Morgen und am Nachmittag in den Fraktionen von 10-30 und 30-200 nm an der Station DN deutlich sichtbar, während die übrigen Stationen viel geringere Veränderungen aufweisen. Auch die geringere Belastung mit diesen Partikelfraktionen am Wochenende (WE) gegenüber den Werktagen (WT) wird in DN besonders deutlich. Die maximale Differenz zwischen WT und WE für Partikeldurchmesser < 100 nm wurde in DN mit 12.0000 Partikeln/cm³ gefunden.

Physikalische wie chemische Daten wurden anschließend der Differenzbildung nach Lenschow unterzogen. Dieser Ansatz geht von einer mehr oder weniger gleichmäßigen großräumigen Luftbelastung im regionalen Hintergrund aus, die im Stadtgebiet durch die Mischung der Emissionen zahlreicher Einzelquellen einen urbanen Hintergrund bildet, der durch Überlagerung mit Verkehrsemissionen an stark befahrenen Straßen und Plätzen zu Höchstwerten mit den beobachteten Überschreitungen des PM₁₀-EU-Grenzwertes anwachsen kann.

Die Anwendung des Lenschow-Ansatzes auf die in den verschiedenen Größenbereichen erhaltenen Konzentrationen an Station DN führte zu einer Aufteilung der betrachteten Komponente in eine der drei Emissionsgruppen lokaler Verkehr, urbaner Hintergrund oder regionaler (bzw. überregionaler) Hintergrund. Voraussetzung ist dabei die o. g. Abstufung der Konzentration in dieser Reihenfolge, da die sonst auftretenden negativen Werte nicht interpretierbar sind. Erhalten werden folgende Differenzen:

$$\text{Lokaler Verkehr} = [\text{DN}] - [\text{DHG}]$$

$$\text{Urbaner Hintergrund} = [\text{DHG}] - [\text{M oder N oder SW}]$$

$$\text{Regionaler Hintergrund} = [\text{M (West/Nord) oder N (Ost) oder SW (Südost)}]$$

Dieses Verfahren wurde für die Partikelanzahl- (Abbildung 3), die Partikelmasse-Konzentration und jede einzelne chemische Komponente für PM₁₀-HV-Filterproben (Abbildung 4) und größen aufgelöst für die Impaktorproben durchgeführt.

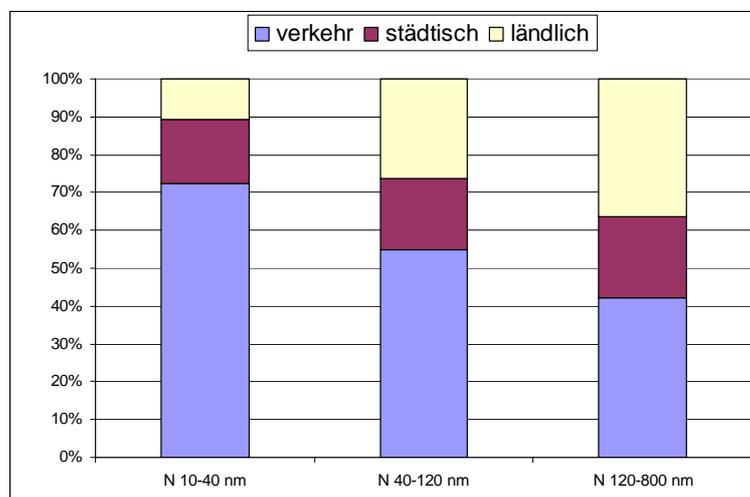


Abb. 3: Anteil der Emissionsgruppen an der Partikel-Gesamtanzahlkonzentration

Mit > 70% war der Verkehrsanteil im Bereich der feinsten Partikel (10-30 nm) am höchsten und nahm mit zunehmender Partikelgröße ab, während der Anteil des Hintergrundes im feinsten Bereich bei etwa 11% lag und zu den größeren Partikeln hin anstieg (120-800 nm: 37%). Der Anteil des urbanen Hintergrundes war mit 15-20% nicht signifikant größenabhängig.

Im Überblick erweist sich für die chemischen Komponenten eine Darstellung als nützlich, die die nach Lenschow erhaltenen Massefraktionen mit den dazugehörigen Komponentenanteilen untersetzt, so dass ein detailreiches Situationsbild erhalten wird.

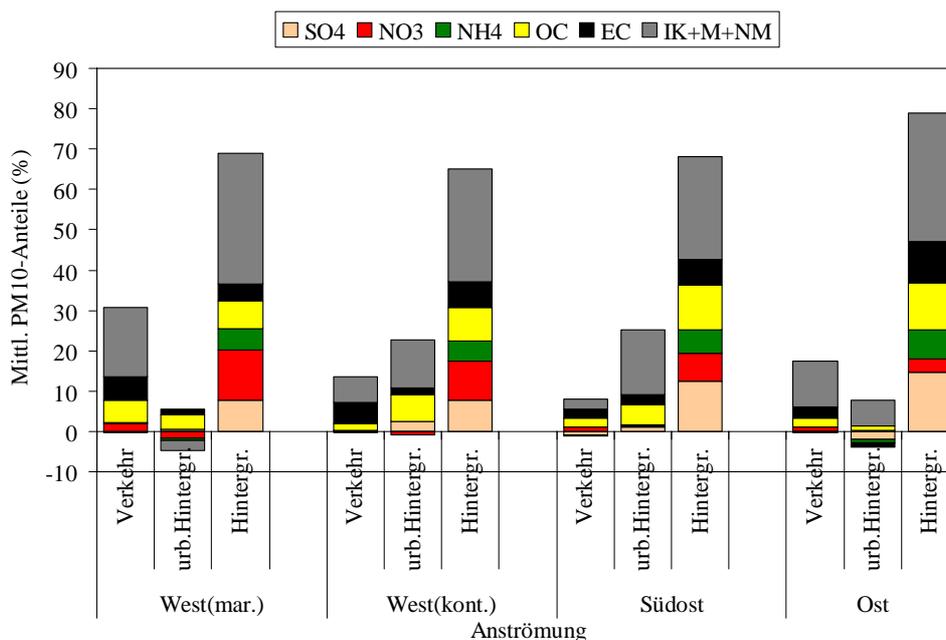


Abb.4: Abschätzung der Quellgruppenanteile an der PM₁₀-Masse (DIGITEL-Filterproben)

PM₁₀-Filterproben bilden gegenwärtig die Grundlage für die Überwachung der Einhaltung des PM₁₀-EU-Grenzwerts an den Stationen des LfUG, die Interpretation dieser Werte erscheint deshalb besonders wichtig. Im Projektzeitraum konnten aus der Gesamtheit der DIGITEL-PM₁₀-Filterproben 38 Ereignisse bei westlich-maritimer, 14 bei westlich-kontinentaler, 13 bei südöstlicher und 5 Ereignisse bei östlicher Anströmung zur weiteren Interpretation zugelassen werden, die in Abbildung 4 dargestellt sind. Die angegebenen prozentualen Anteile sind auf die jeweilige mittlere PM₁₀-Masse an Station DN bezogen.

Der Verkehrsanteil erreichte bei westlich-maritimer Anströmung etwa 30% der Partikelmasse und lag bei den anderen Anströmungsrichtungen wesentlich niedriger, am tiefsten bei Südostanströmung mit ca. 7%. Der Anteil des urbanen Hintergrunds bewegte sich zwischen 5% bei westlich-maritimer und 25% bei Südostanströmung. Diese beiden Partikelfraktionen werden im Einflussbereich der Kommune emittiert und nur dieser Teil, also maximal etwa 35% der vorhandenen Partikelbelastung, ist für Regulierungsmaßnahmen in den kommunalen Luftreinhalteplänen überhaupt erreichbar.

Der Anteil der Hintergrundfraktion, die von außerhalb in das Stadtgebiet hineintransportiert wurde, betrug zwischen 65% bei westlich-maritimer und 79% bei Ostanströmung. Auch die chemische Zusammensetzung der Hintergrundfraktion war von der Anströmungsrichtung abhängig. Bei westlich-maritimer Anströmung wurden 12% Nitrat, 8% Sulfat und 11% TC festgestellt. Diese Anteile änderten sich auf 3% Nitrat, 15% Sulfat und 22% TC bei Ostanströmung. Diese Differenzen sind Ausdruck des immer noch bestehenden

technologischen Ost/West-Unterschiedes und werden sich vermutlich in den kommenden Jahren im Ergebnis der EU-Entwicklungspolitik immer mehr verringern.

Die größen aufgelösten Betrachtungen müssen die Verteilung der Partikelmasse über den gesamten Größenbereich bis 10 µm berücksichtigen. Die UFP-Stufe (0,05-0,14 µm) trug in diesem Projekt etwa 8-9% zur Gesamtmasse bei, was den begrenzten Einfluss dieser Partikelfraktion deutlich macht, die hauptsächlich aus direkten Verkehrsemissionen gebildet wird. Dafür spricht auch der hohe TC-Anteil von rund der Hälfte bis zu drei Vierteln in der dem Verkehr zugeschriebenen Partikelmasse. Verkehrsregulierende Maßnahmen könnten zwar die Anzahlkonzentration der UFP drastisch verringern und damit einen positiven Effekt zur Gesundheitsvorsorge leisten, in Bezug auf die Einhaltung des EU-PM₁₀-Grenzwerts wären die Ergebnisse solcher Maßnahmen aber eher begrenzt.

Der Partikelgrößenbereich $D_{p_{aer}} = 0,42-1,2$ µm bildet den massereichste Teil der Feinstaubfraktion mit einem Anteil an der Gesamtmasse von 36% im Sommer und 43% im Winter. Partikel dieser Größenklasse können wegen ihrer langen atmosphärischen Lebensdauer über weite Entfernungen transportiert werden. Der Hintergrundanteil ist deutlich abhängig von der Anströmungsrichtung. Bei Ost- bzw. Südostanströmung betrug der regionale Hintergrund, der als grenzüberschreitender Partikelmasseeintrag zu betrachten ist, 80 bzw. 78% der Masse an Station DN. Das kommt dem aus den HV-Filterproben erhaltenen Werten sehr nahe, bei Westanströmung war der Hintergrundanteil niedriger.

Alle Einzelbefunde unterstützen die Aussage für PM₁₀-Proben, dass Partikel bei östlicher Anströmung mehr Sulfat und TC, aber weniger Nitrat enthalten, während bei westlicher Anströmung mehr Nitrat, jedoch weniger Sulfat und TC zu erwarten ist. Bei größen aufgelöster Betrachtung kann nun aber zusätzlich festgestellt werden, dass diese Differenzen hauptsächlich in dem Partikelgrößenbereich um $D_{p_{aer}} \approx 1$ µm angesiedelt sind und dem Ferntransport unterliegen, da sie auch im Sommer erkennbar sind, wo kein lokaler oder regionaler Hausbrand die Ergebnisse beeinflussen könnte.

Eine Abschätzung des Verkehrsanteils (DN – DHG) unter Berücksichtigung aller Messtage ergab für die Grobfraktion ($D_{p_{aer}} = 1,2-10$ µm) im Sommer einen Anteil von 21% und im Winter von 16% der DN-Gesamtpartikelmasse, die UFP-Fraktion kam auf 6% im Sommer und 5% im Winter. Durch verkehrsreduzierende Maßnahmen dürfte also an einer verkehrsreichen Station die Gesamtpartikelmasse um nicht mehr als etwa 20% reduziert werden können.

Fazit

Fazit ist, dass die sächsische Landeshauptstadt Dresden bei Überschreitungssituationen im PM₁₀-Bereich nur einen eingeschränkten Spielraum zur Ergreifung von regulierenden Maßnahmen hat. Kommunale Maßnahmen können sich nur auf den Verkehr und/oder den urbanen Hintergrund auswirken, die hier zusammen lediglich 21 bis 35% der Partikelmasse-Konzentration repräsentierten. Der häufig im Fokus der Kritik stehende Straßenverkehr, der ohne Zweifel den größten Teil der Partikelanzahl-Konzentration verursacht und damit tatsächlich Gesundheitsprobleme bei den Einwohnern verursachen kann, ist an der Partikelmasse-Konzentration nur in geringerem Maße beteiligt. Der Verkehrsanteil an der PM₁₀-Masse nach Lenschow betrug bei Ostanströmung 17%, bei Südostanströmung nur 7%. Bei größen aufgelöster Betrachtung der Massekonzentration lag der Anteil der meist aus Verkehrsemissionen stammenden UFP im Größenbereich von 0,05-0,14 µm bei 8-9%. Die Herkunft aus Verkehrsemissionen spiegelt sich auch in den hohen TC-Anteilen der UFP wider. Selbst weitgehende Maßnahmen zur Verkehrsbeschränkung dürften also im Hinblick auf die Senkung der Partikelmasse-Konzentration nur begrenzten Erfolg haben, eher noch

durch geringere Aufwirbelung von gröberen Straßenstaubpartikeln, die wesentlich mehr zur PM₁₀-Gesamtmasse beitragen.

Erfolgversprechende Maßnahmen gegen die Überschreitungen des EU-PM₁₀-Grenzwerts von 50 µg/m³ müssen sich vor allem gegen die massereichste Partikelfraktion (D_{p,aer} ≈ 1 µm) und die Grobpartikelfraktion richten, die den größten Teil der Partikelmasse repräsentieren. Gegen Ferntransport ist Abwehr kurzfristig unmöglich, die Direktmissionen aus Heizungsanlagen mit fossilen Brennstoffen (vor allem Kohle) können und sollten jedoch bekämpft werden. Der Zustand von Straßen, Baustellen und Brachflächen ist ebenfalls im Sinne einer geringeren Partikelemission, Partikelauwirbelung oder -erosion zu beeinflussen. Die Beeinflussung der Ferntransportanteile kann wahrscheinlich nur in Zukunft im Rahmen multilateraler europäischer Maßnahmen geregelt werden.

Ein Messnetz zur Überprüfung solcher vertraglich festgelegter Maßnahmen sollte dabei so aufgebaut werden, dass Stationen nahe den Grenzen eines zu betrachtenden Territoriums in Richtung vermuteter Emittenten errichtet werden und so nahezu unverändert den grenzüberschreitenden Eintrag erfassen können. Die im vorliegenden Projekt vorgenommene Aufteilung in drei Anströmungssektoren mit dazugehörigen Hintergrundstationen hat sich im Prinzip bewährt, jedoch sollte über den Standort einzelner Stationen (Niesky: lokale Kontamination, Schwartenberg: Abkopplung bei geringer Mischungsschichthöhe) nachgedacht werden. Durch geeignete Aufstellung von zwei Messstationen in jedem definierten Anströmungssektor, einmal an der nationalen oder regionalen Außengrenze und zusätzlich an der Grenze zur betreffenden Kommune, können Informationen über die auf dem Transportweg herrschenden Verdünnungs- und Alterungseffekte bzw. die zusätzliche Einmischung frischer Emissionen gewonnen werden. Falls diese Informationen nicht benötigt werden, können die Außenstationen eingespart und die an den Stadtrandstationen gemessenen Werte als regionaler oder überregionaler Eintrag in den kommunalen Hintergrund betrachtet werden. Kommunaler Hintergrund und starke lokale Verkehrsbelastung müssen an mindestens je einem repräsentativen Messort erfasst werden, wobei die Repräsentativität durch die Einrichtung mehrerer Stationen stark verbessert werden kann.

Für die Überwachung einer größeren Kommune, bei der nicht nur punktuelle Überschreitungen der Partikelmassekonzentration registriert werden sollen, müssten also mindestens fünf (besser acht) Stationen im und um das Stadtgebiet, sowie gegebenenfalls weiter entfernt an definierten Territoriumsgrenzen eingerichtet werden. Auf diese Weise lässt sich bei einer längeren Messreihe unter Aussortierung der für den Lenschow-Ansatz ungeeigneten Episoden eine genügend große Anzahl von Ereignissen beproben, deren Ergebnisse zuverlässigere Aussagen über die bei bestimmten meteorologischen Bedingungen zu erwartenden Partikelmassekonzentrationen ermöglichen werden, als die im vorliegenden Report erhaltenen Resultate.

Der im vorliegenden Projekt dargestellte Sachverhalt darf jedoch nicht als Begründung für unterlassene Emissionsbegrenzungen missverstanden werden. Alle Städte und Gemeinden sind nicht nur Empfänger von Ferntransportbeiträgen, sondern gleichzeitig immer auch Emittenten in einem großräumigen Umfeld. Darin tragen sie als Punkt- oder Flächenquellen zur Höhe der Konzentrationen im regionalen und überregionalen Maßstab bei. Obwohl in einer konkreten Belastungssituation der entscheidende Beitrag aus Ferntransporteinträgen stammen kann, wäre es durchaus möglich, dass Teile dieser Belastungen auf eigene Emissionen zurückzuführen sein könnten, die durch entsprechende meteorologische Bedingungen wieder zum Ausgangsort zurückgeführt wurden. Maßnahmen zur Reduzierung von Partikelemissionen einer Kommune sind also möglicherweise für die eigene Belastungssituation im konkreten Fall weniger wirksam, werden sich aber immer positiv auf das großräumige Umfeld auswirken. Deshalb werden auch nur gemeinsame Maßnahmen aller Beteiligten im internationalen Maßstab in Europa wirkliche Erfolge versprechen.