

Der Vortrag

„Die Bedeutung des grenzüberschreitenden PM10 Transports für die Luftqualität im Osten Deutschlands: Ergebnisse des PM-Ost Projektes“

Dominik van Pinxteren, Falk Mothes, Gerald Spindler, Wadinga Fomba, und Hartmut Herrmann

Leibniz-Institut für Troposphärenforschung (TROPOS), Abteilung Chemie der Atmosphäre (ACD)
Permoserstr. 15, 04318 Leipzig

fasst Ergebnisse eines Projektes zusammen das von der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt –IX C 57 Berlin 2016 vergeben (Vergabe Nr. IX C 57 – 16082016) und gemeinsam mit dem Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden-Pillnitz, dem Landesamt für Umwelt Brandenburg, Potsdam und dem Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern, Güstrow, finanziert und koordiniert wurde. Zusätzlich wurden Daten der TROPOS-Forschungsstation Melpitz und des Umweltbundesamtes (Station Neuglobsow) in die Auswertung einbezogen.

Das Projekt heißt

Auswertung der gravimetrischen PM10- Messungen
in Sachsen, Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern und Berlin
zur Identifikation des Anteils verschiedener Quellen
an der Feinstaubbelastung anhand der Inhaltsstoffe und
anhand von Rezeptormodellierungen
(PM-OST).

Die Bearbeitung erfolgte im Zeitraum 14.10 bis 30.11.2017 von Dominik van Pinxteren, Falk Mothes, Gerald Spindler, Kanneh Wadinga Fomba und Hartmut Herrmann, am Leibniz-Institut für Troposphärenforschung (TROPOS), Abteilung Chemie der Atmosphäre (ACD), Permoserstr. 15, in 04318 Leipzig.

Der Abschlussbericht mit Anhang und einer Kurzbeschreibung der Projektergebnisse findet sich z.B. unter diesen WEB Link: <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/29797>

Die Ergebnisse des Projektes sind in einer wissenschaftlichen Veröffentlichung (englisch sprachig) erschienen:

van Pinxteren, D., Mothes, F., Spindler, G., Fomba, K.W., Herrmann, H., 2019. Trans-boundary PM10: Quantifying impact and sources during winter 2016/17 in eastern Germany. Atmos. Environ. 200, 119-130.

<https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2018.11.061>.

Kurzfassung der im Vortag erörterten Projektergebnisse

Im Projekt PM-OST wurde eine Ursachenanalyse von PM10-Feinstaubimmissionen an zehn ausgewählten Messstationen (zwei Verkehrsstationen, zwei im städtischen und sechs im ländlichen Hintergrund), in den Ländern Berlin, Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern und Sachsen sowie des Umweltbundesamtes (UBA) im Zeitraum September 2016 bis März 2017 durchgeführt. Es standen Tageswerte der PM10-Massekonzentration sowie der darin enthaltenen Inhaltsstoffe, wasserlösliche anorganische Ionen und die Kohlenstoffsummenparameter (OC/EC) zur Verfügung. An 80 Sondermesstagen (SMT) wurden im PM10 polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), Levoglucosan, sowie (in Berlin) verschiedene Metalle quantifiziert. Es sollte untersucht werden, wie Episoden östlicher Anströmung im Winter im Osten Deutschlands wiederholt zu erhöhten PM10-Massekonzentrationen und Grenzwertüberschreitungen führen können. Diese Annahme wurde im Projekt durch eine Betrachtung der Belastungssituationen überprüft, es wurde der Anteil des grenzüberschreitenden Ferntransportes quantifiziert, sowie basierend auf der chemischen Zusammensetzung und Rezeptormodellierung dessen wahrscheinliche Ursachen identifiziert.

Eine Abschätzung lokaler und regionaler Beiträge an städtischen „Hotspot“-Stationen (BEFRA) erfolgte über den „Lenschow-Ansatz“ (mit BENAN und BBHAS im städtischen bzw. ländlichen Hintergrund). Zusätzlich zur Betrachtung aller Tage im Untersuchungszeitraum wurden spezielle Tagescharakteristika und meteorologische Kategorien (Verwendung von Rückwärtstrajektorien, Temperatur, Grenzschichthöhe und Niederschlag) gebildet: Diese enthielten zum einen „Grenzwertüberschreitungstage“, „Wochentage“ und „Wochenendtage“ und zum anderen die Anströmung der Luftmassen aus „Ost“ oder „West“, die Raumskala der Luftmassen „Regional“ oder „Fern“, die Temperatur „Warm“ oder „Kalt“, die Grenzschichthöhe „Hoch“ oder „Niedrig“ und die Witterung „Trocken“ oder „Nass“. Für alle Tage sowie in den meisten meteorologischen Kategorien zeigt sich ein bereits in früheren Untersuchungen gefundenes Bild von ca. 20% Verkehrsanteil, 15% Anteil des städtischen Hintergrundes und 65% Anteil des regionalen Hintergrundes an der mittleren PM10-Massekonzentration der Verkehrsstation. In den Kategorien „Überschreitungstage“, Anströmung „Ost“ und Raumskala „Regional“, die die höchsten mittleren Konzentrationen ($41 - 65 \mu\text{g m}^{-3}$) an BEFRA zeigten, nimmt der Anteil des ländlichen Hintergrundes auf ca. 70% zu und ist in der jeweiligen gegenteiligen Kategorie entsprechend deutlich niedriger. Ein maßgeblicher Einfluss des grenzüberschreitenden Eintrages belasteter Luftmassen auf die erhöhten Konzentrationen und ländlichen Anteile lässt sich nicht direkt ableiten. Dies liegt zum einen an den oben beschriebenen Wechselwirkungen der meteorologischen Belastungskategorien untereinander und zum anderen daran, dass die Kategorie „Überschreitungstage“ nur zu etwa einem Drittel Tage mit Anströmung Ost enthielt.

Um den Einfluss des grenzüberschreitenden Ferntransportes zu quantifizieren, erfolgte eine differenzierte Betrachtung der Kategorien Anströmung, Raumskala, Temperatur, Mischungsschichthöhe und Witterung in ihrer für den jeweiligen Messtag geltenden Ausprägung zusammengefasst in kombinierten Kategorien. Die beobachteten PM10-Massekonzentrationen bei Anströmung West und Ost in diesen kombinierten Kategorien wurden auch separat gemittelt. Dadurch konnten die Unterschiede in den meteorologischen Randbedingungen beim direkten Vergleich der beiden Hauptanströmungsrichtungen deutlich verringert werden.

Innerhalb der kombinierten Belastungskategorien wurde ein „Inkrement Ost“ berechnet. Das höchste wurde an kalten, trockenen Tagen mit weit zurückreichenden Rückwärtstrajektorien und niedriger Grenzschichthöhe („Fern_Kalt_Niedrig_Trocken“) bestimmt und lag unabhängig vom Typ der Messstation (Verkehr, Stadt, Land) im Mittel bei ca. $30 \mu\text{g m}^{-3}$, was ca. 60% der am jeweiligen Stationstyp in dieser Kategorie gemessenen mittleren PM10- Massekonzentration entsprach. Betrachtet man die Anteile des Inkrement Ost in Abhängigkeit der mittleren PM10- Massekonzentration über die kombinierten Belastungskategorien hinweg, ergibt sich folgendes Bild: Bei meteorologischen Randbedingungen, die zu einer hohen Belastung von $> 30 \mu\text{g m}^{-3}$ führen, trägt der grenzüberschreitende Eintrag etwa zu 50% bei. Bei mittleren PM10- Massekonzentrationen von ca. $20 - 30 \mu\text{g m}^{-3}$ liegt dieser Anteil noch bei ca. 20%, wohingegen er bei niedriger Belastung mit Konzentrationen unter $20 \mu\text{g m}^{-3}$ vernachlässigbar klein wird.

Zur genaueren Quellzuordnung der an den Stationen und für das Inkrement Ost beobachteten Konzentrationen wurden Analysen mittels Positiver Matrixfaktorisierung (PMF) durchgeführt, in die neben den PM10- Massekonzentrationen auch die der im Projekt analysierten Inhaltsstoffe einfließen. Es wurden PMF- Läufe auf 5 Stufen durchgeführt, deren Gehalt an chemischer Information von Stufe zu Stufe zunahm. Die in den verschiedenen Stufen identifizierten Quellkategorien bilden zusammen mit ihren Hauptinhaltsstoffen und charakteristischen Markerverbindungen, die Grundlage für die physikalische Interpretation der mathematischen PMF- Faktoren. Erwartungsgemäß war für Stufe 1 der Verkehrsanteil an den städtischen Stationen mit 30% in BEFRA und ca. 15% in BENAN relativ hoch. An allen Stationen erklären die PM10- Masse: Verbrennungsemission zu 20 – 30%, die sekundäre Bildung von Ammoniumsulfat und organischem Material zu 20 – 40%, die Bildung von Ammoniumnitrat zu 15 - 30% und von frischen und gealterten Salzen zu 10%. Die PMF- Ergebnisse wurden verwendet, um die Quellen des grenzüberschreitenden PM- Eintrages zu identifizieren, indem die Berechnung des Inkrement Ost unter gleichen Rahmenbedingungen wie für den Ferntransport für alle PMF- Quellkategorien durchgeführt und zu einem Gesamtbild integriert wurden. Es zeigt sich deutlich, dass der zusätzliche aus östlichen Richtungen antransportierte Anteil unter allen meteorologischen Randbedingungen wesentlich durch Verbrennungsemissionen, sekundäres Ammoniumsulfat und organisches Material verursacht wurde. Da SO_2 und flüchtige Kohlenwasserstoffe als Vorläufersubstanzen von Sulfat und organischem Material ebenfalls in hohem Maße aus der Verbrennung von Kohle und Biomasse emittiert werden, ergibt sich als Schlussfolgerung, dass sowohl primäre als auch sekundäre Produkte der Verbrennung von Festbrennstoffen die Hauptursache des grenzüberschreitenden Eintrages von PM im Untersuchungsgebiet waren. Zusammen mit dem Befund, dass die absoluten Inkremente von warmen hin zu kalten Tagen in den kombinierten Kategorien stark ansteigen, deutet dies auf Emissionen aus Hausbrand bzw. Anlagen zur Gebäudeheizung als wesentliche Quelle für die hohen antransportierten Belastungen hin, da diese im Gegensatz zu Emissionen aus Industrie oder dem Energiesektor stark von der Temperatur abhängig sind. Darüber hinaus deuteten die Auswertungen auf Quellregionen eher im etwas weiter entfernten östlichen Mitteleuropa und Südosteuropa als in den direkt angrenzenden Regionen der Nachbarländer hin, wobei diese auf Rückwärtstrajektorien beruhenden Ergebnisse mit hohen Unsicherheiten behaftet sind. Zur genaueren Beurteilung der Quellregionen erscheinen weitere Untersuchungen als zwingend notwendig.