

G. Spindler, K. Müller, A. Grüner, Y. Iinuma, H. Herrmann

Leibniz-Institut für Troposphärenforschung (TROPOS), Leipzig

„Ferneintrag von Partikeln im Sächsischen Tiefland – Ergebnisse größen aufgelöster Langzeitmessungen und chemisch-physikalischer Charakterisierung an der TROPOS-Forschungsstation in Melpitz“

Es werden Ergebnisse komplexer Langzeitmessungen der vergangenen 20 Jahre, die an der Forschungsstation des TROPOS in Melpitz bei Torgau (nordsächsisches Tiefland) erfolgten, vorgestellt. Die Station liegt auf einer Weide ohne jährlich wechselnde landwirtschaftliche Nutzung und ist bezüglich der zu erwartenden Konzentrationen typisch für den mitteleuropäischen Hintergrund. Abbildung 1 zeigt die Lage der Station und die beiden Hauptanströmungen. Die Station und die wichtigsten hier vorgestellten Messungen mit ihren Auswertungen sind in *Scheinhardt et al. 2013* und in *Spindler et al. 2012 und 2013* beschrieben.

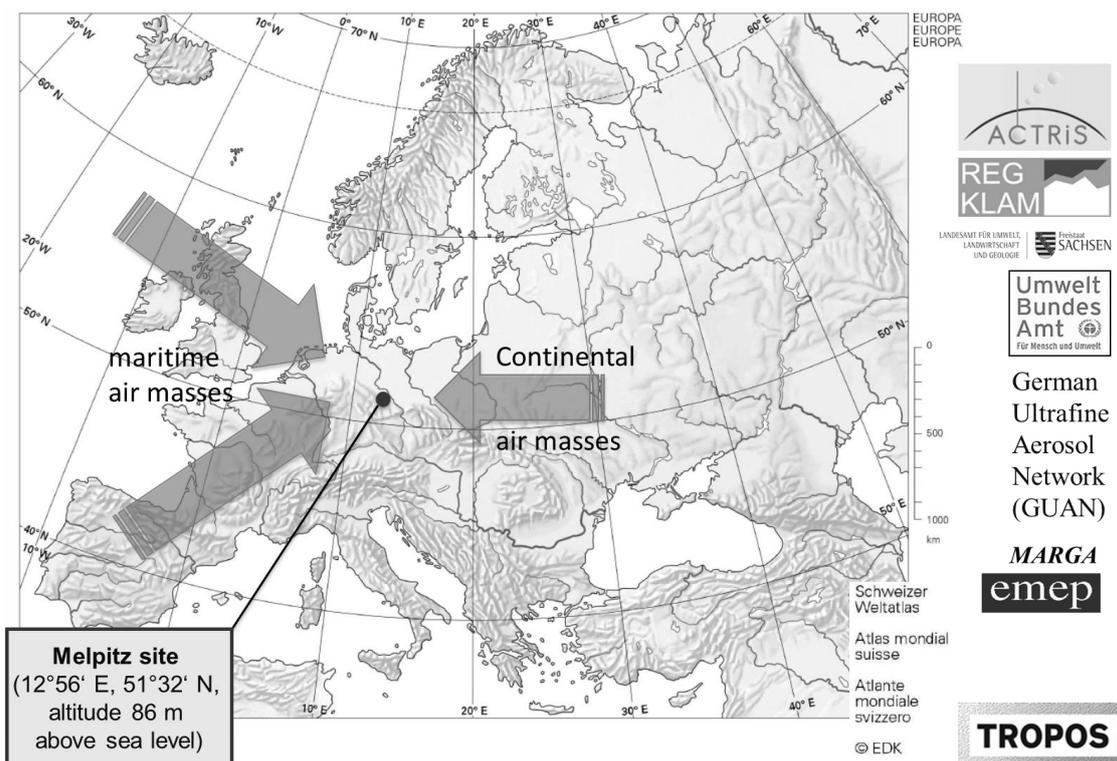


Abbildung 1: Lage und Integration der TROPOS-Forschungsstation in deutsche und europäische Netzwerke.

Die Langzeitmessreihen täglicher Probenahme mit High-Volume-Filtersammlern (HV) für PM_{10} (ab November 1992) und für $PM_{2.5}$ und PM_1 (ab 2003), und zusätzliche Messungen an ausgewählten Tagen mit 5-stufigen BERNER-Impaktoren (BI, 2004 bis 2009) in den Größenfraktionen (0.05-0.14-0.42-1.2-3.5-10 μm aerodynamischer Partikeldurchmesser) wurden hinsichtlich des Einflusses der Hauptanströmung aus einem Sektor West (W, maritime und kontinentale Luftmassen) und einem Sektor Ost (O, kontinentale Luftmassen)

unterschieden nach Sommer- und Winterhalbjahr (S und W) ausgewertet. Die Zuordnung zu den resultierenden nur vier Kategorien (SW, SO, WW und WO) mit Hilfe von 96-Stunden-Rückwärtstrajektorien (*Draxler und Hess 1998*) erlaubt für die täglichen Filtermessungen eine Auswertung nach Halbjahren mit einer genügend großen Anzahl von Tagen zu Bildung eines Mittelwertes in jeder Kategorie. Es entfallen im Mittel etwa 57% der Tage eines Jahres bzw. aller 169 Tage mit BI-Messungen auf eine Anströmung aus dem Westsektor und etwa 16% auf eine Anströmung aus dem Ostsektor. Der verbleibende Anteil von Tagen eines Jahres (etwa 27%) wurde in dieser Auswertung nicht berücksichtigt, da es sich hier um Tage mit seltener Anströmung aus Norden oder Süden, mit wechselnder Anströmung oder stagnierenden Luftmassen handelt. Im Vortrag wird darüber hinaus auch eine Zuordnung der mittleren Partikelmassenkonzentration und -zusammensetzung nach den „Objektiven Wetterlagen“ des Deutschen Wetterdienstes verwendet (*Bissolli und Dittmann 2001*).

In Abbildung 2 ist der Verlauf der mittleren jährlichen Partikelmassenkonzentration mit den enthaltenen wasserlöslichen Ionen von 1993 bis 2013 und seit 2003 auch für organischen und elementaren Kohlenstoff (OC und EC) dargestellt. Es zeigt sich bis zum Jahr 2000 ein fallender Trend der Partikelmassenkonzentration. Ab 2001 ergibt sich eine mittlere jährliche PM₁₀-Partikelmassenkonzentration von etwa 22.4 µg/m³ mit einer Variation zwischen den Jahren von etwa 15%. Deutlich zu erkennen ist der Rückgang der absoluten und relativen Sulfat-Konzentration bei etwa gleichbleibender Nitratkonzentration. Ursache dafür ist eine stark zurückgegangene SO₂-Emission, demgegenüber ist die Emission von NO_x (bevorzugt aus dem Kfz-Verkehr) relativ hoch geblieben. Abbildung 3 zeigt, dass der Mittelwert der PM₁₀ Massenkonzentration innerhalb eines Jahres für Tage mit östlicher Anströmung bis zu viermal höher ist als für Tage mit westlicher Anströmung.

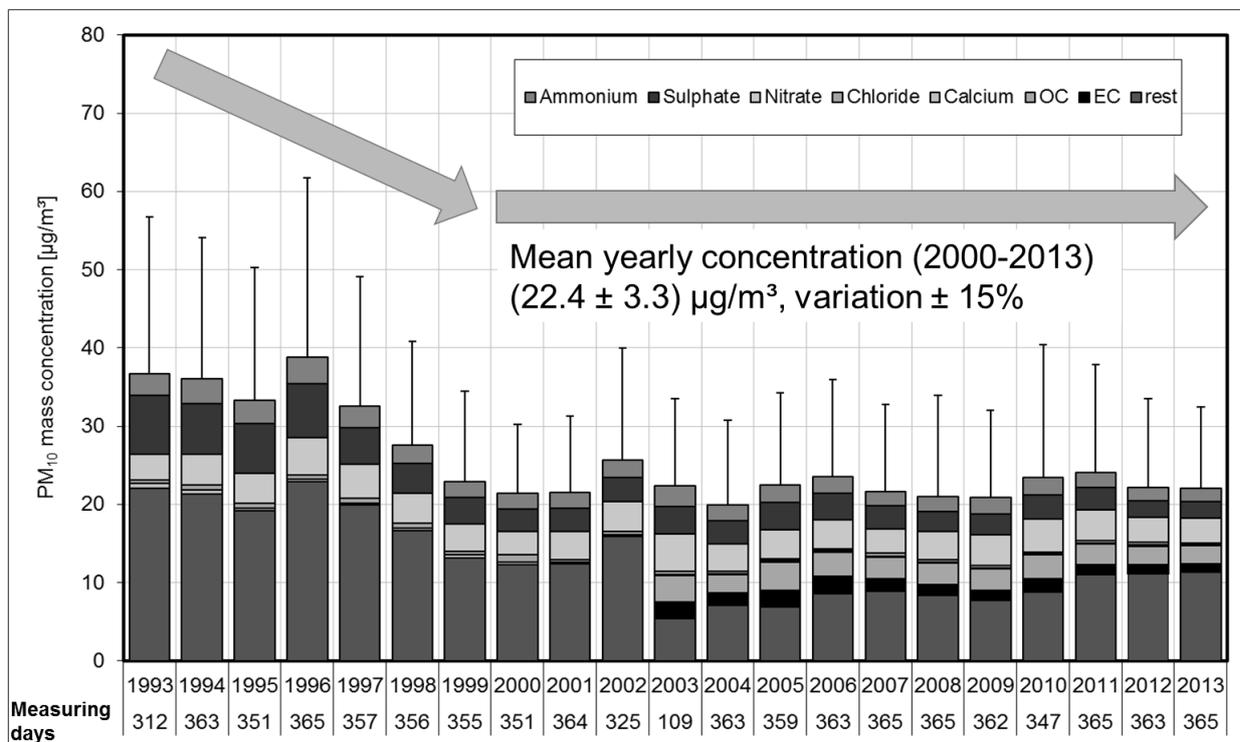


Abbildung 2: Verlauf der mittleren jährlichen Partikelmassekonzentration PM₁₀ mit den Masseanteilen wasserlöslicher Ionen (1993 bis 2013) und den Masseanteilen OC und EC (seit 2003) gemessen täglich mit dem HV-Filtermehrsammler. Die Fehlerbalken zeigen die positive Standardabweichung der täglichen Messungen.

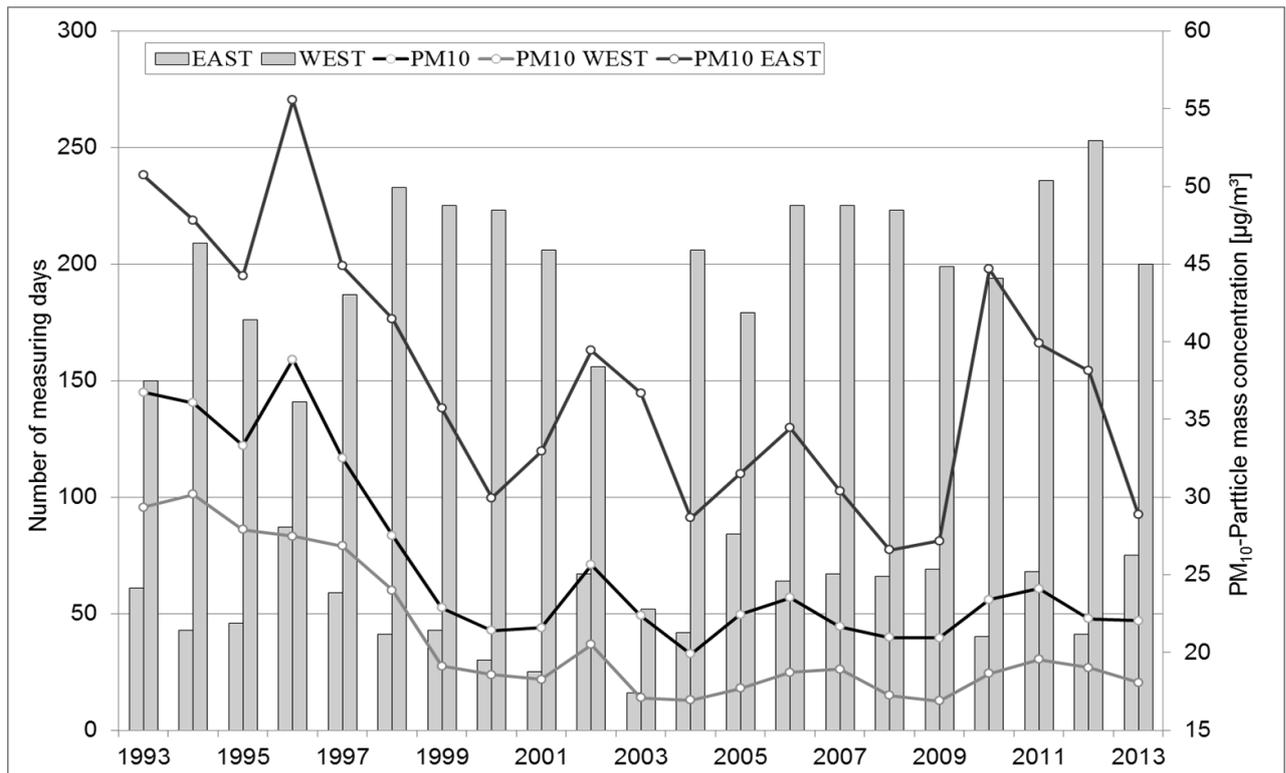


Abbildung 3: Mittlere jährliche Partikelmassenkonzentration für Tage mit östlicher Anströmung (obere Kurve), westliche Anströmung (untere Kurve) und im Jahresmittel (mittlere Kurve). Die Balken zeigen die Anzahl der Messtage im Jahr mit östlicher (kleine Balken) und westlicher (größere Balken) Anströmung.

Es wird deutlich, dass der von Jahr zu Jahr schwankende Anteil der West- oder Ostanströmung einen entscheidenden Einfluss auf den PM_{10} -Jahresmittelwert hat.

Schaut man sich die mittlere Partikelmassekonzentration und die enthaltenen Stoffe für PM_{10} , unterschieden in die Zeiträume 1993-2002 und 2003-2011 an, sortiert diese nach den 40 objektiven Wetterlagen des DWD und fasst sie für den Windindex zusammen, so ergibt sich Abbildung 4. Es zeigt sich generell eine Abnahme der mittleren Massenkonzentration für den jüngeren im Vergleich zum länger zurückliegenden Zeitabschnitt. Dabei ist diese Abnahme für die südwestliche (-28%) und die nordwestliche (-26%) Windrichtung größer als für die südöstliche und nordöstliche Windrichtung (jeweils -21%). Dieses Ergebnis ist ein Hinweis auf eine geringere Abnahme der Partikelmassekonzentration in östlichen im Vergleich zu westlichen Anströmungen. Für die eher lokal geprägten Tage mit nicht zuordenbarer Windrichtung (umlaufende Winde und stagnierende Wetterlagen) ergibt sich ebenfalls ein Konzentrationsrückgang von -26% der vergleichbar mit dem bei westlicher Anströmung ist.

Auch anhand der einzelnen Inhaltstoffe, wasserlösliche Ionen, Kohlenstoff und organische Tracer (PAH und n-Alkane) in den unterschiedlichen PM-Größenfraktionen der Impaktormessungen mit 5 Größenstufen ist es möglich den Einfluss des Ferntransportes zu zeigen. Abbildung 5 zeigt ein Beispiel für die reine Partikelmassekonzentration und Partikelmassekonzentration der enthaltenen PAH. Besonders im Winter lassen sich PAH, die hauptsächlich der Kohleverbrennung entstammen nachweisen, besonders hoch ist ihr Anteil bei östlicher Anströmung und dies auf der Stufe 3 (aerodynamischer Partikeldurchmesser 0.42 bis 1.2 μm). Diese Partikelgrößenfraktion kann überweite Distanzen ferntransportiert werden,

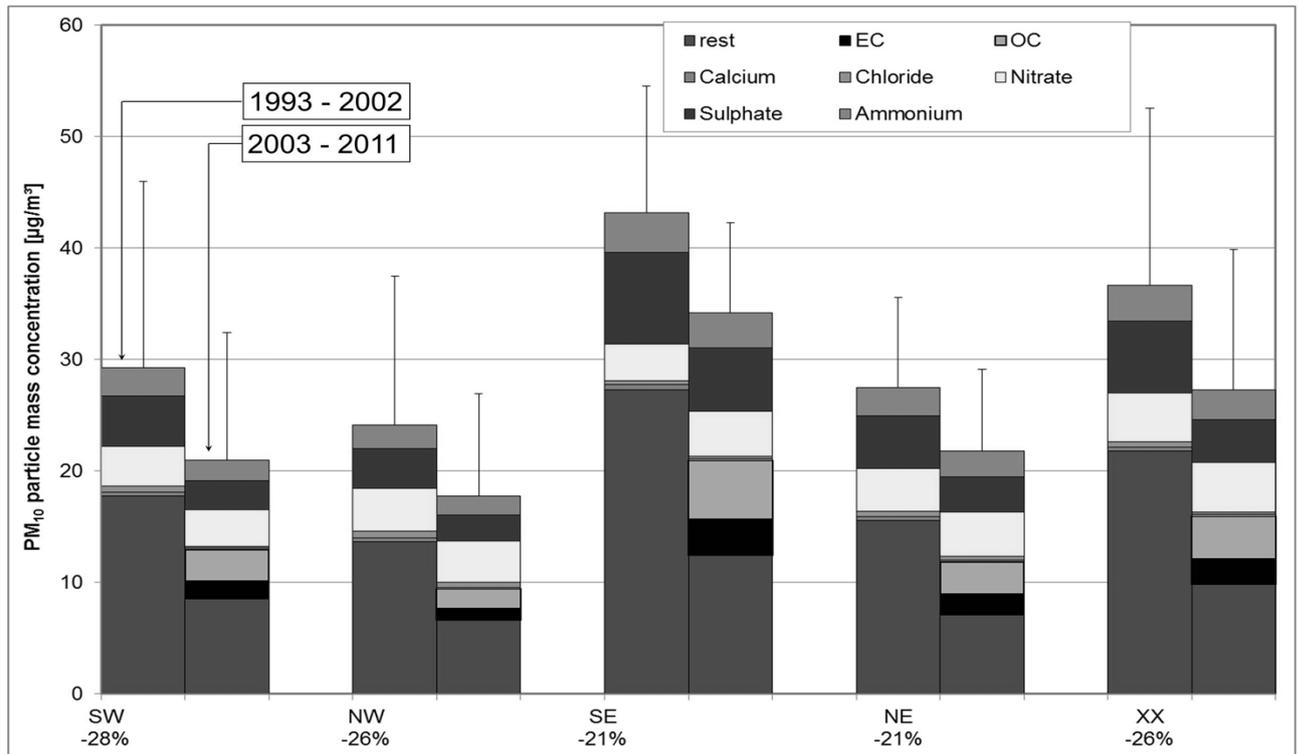


Abbildung 4: Mittlere PM₁₀-Konzentration und –zusammensetzung für die Zeitabschnitte 1993-2002 und 2003-2011 im Vergleich. Es wurden die 40 objektiven Wetterlagen des DWD nach den Windindices (SW, Südwest, NW, Nordwest, SE, Südost, NE, Nordost, XX nicht zugeordnet) zusammengefasst. Der Rückgang der Konzentration hin zum jüngeren Zeitabschnitt ist in der Abszisse in % angegeben. Die Fehlerbalken zeigen die positive Standardabweichung der täglichen Messungen

während kleinere Partikel auch in der Umgebung gebildet werden und größere Partikel verstärkt der Sedimentation unterliegen.

Aus dem Vortrag ergeben sich folgende Hauptaussagen

- Die Partikelmassenkonzentration PM₁₀ geht bis zum Jahr 2000 zurück und schwankt seit dem um einen mittleren Wert von 22.4 µg/m³ mit einer Variationsbreite zwischen den Jahren von 15%.
- Der EC Gehalt in den Partikeln zeigt zwischen 2003-2013 einen leichten Rückgang auch im Winter bei östlicher Anströmung.
- Die höchsten Partikelmassekonzentrationen werden bei östlicher Anströmung gemessen.
- Sowohl die nachgewiesenen Inhaltstoffe (z.B. PAH) als auch die Größenfraktion in der diese gehäuft auftreten weisen auf Ferntransport hin. Die höchsten Konzentrationen dieser Tracer für anthropogene Emissionen werden im Winter bei östlicher Anströmung gemessen.
- Ferntransport anthropogen beeinflusster kontinentaler Luftmassen kann zu großräumig erhöhter Feinstaubkonzentration insbesondere im östlichen Teil Deutschlands beitragen. Die Emittenten liegen innerhalb und wahrscheinlich auch außerhalb der EU.

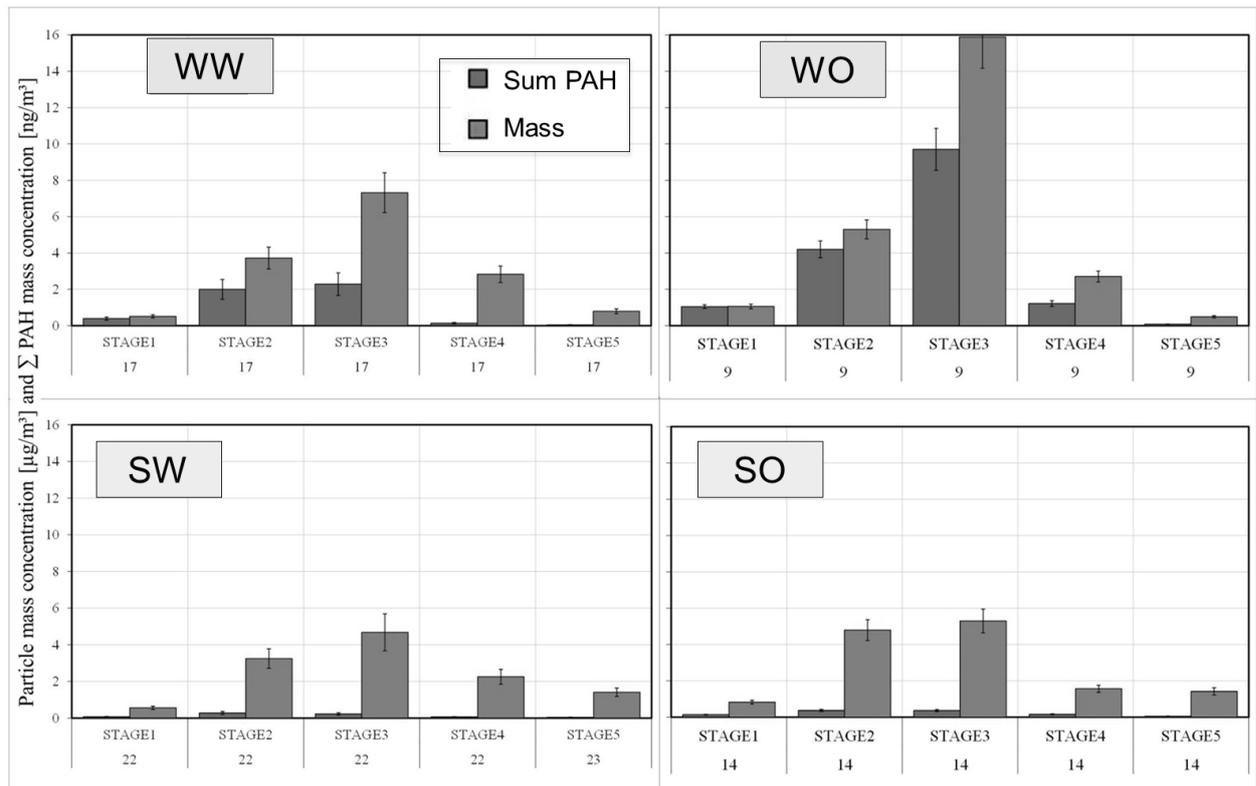


Abbildung 5: Ergebnisse von Messungen mit dem 5-stufigen BERNER Impaktor als Mittelwerte für Tage im Winter oder Sommer mit westlicher oder östlicher Anströmung. In der Abszisse ist unter der Stufenzahl (Größenfraktion des Impaktors) die Anzahl der gemittelten Messtage angegeben. Es sind die mittlere Massenkonzentration (rechter Balken in $\mu\text{g}/\text{m}^3$) und die mittlere Massenkonzentration aller gemessenen PAH (linker Balken in ng/m^3) gezeigt. Die Fehlerbalken zeigen die Standardabweichung der täglichen Messungen.

Literatur

- Bissoli, P., Dittmann, E. (2001) The objective weather type classification of the German Weather Service and its possibilities of application to environmental and meteorological investigations. *Meteorol. Z.* **10**, 253-260.
- Draxler, R.R., Hess, G.D. (1998) An overview of the HYSPLIT_4 modelling system for trajectories, dispersion and deposition. *Aust. Meteorol. Mag.* **47**, 295-308.
- Scheinhardt, S., Spindler, G., Leise, S., Müller, K., Iinuma, Y., Zimmermann, F., Matschullat, J., Herrmann, H. (2013) Comprehensive chemical characterisation of size-segregated PM_{10} in Dresden and estimation of changes due to global warming. *Atmos. Environ.* **75**, 365-373.
- Spindler, G., Gnauk, T., Grüner, A., Iinuma, Y., Müller, K., Scheinhardt, S., Herrmann, H. (2012) Size-segregated characterization of PM_{10} at the EMEP site Melpitz (Germany) using a five-stage impactor: a six year study. *J. Atmos. Chem.* **69**, 127-157.
- Spindler, G., Grüner, A., Müller, K., Schlimper, S., Herrmann, H. (2013) Long-term size-segregated (PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$, PM_1) characterization study at Melpitz – influence of air mass inflow, weather conditions and season. *J. Atmos. Chem.* **70**, 165-195.