

	<p>Global Atmosphere Watch</p> <h1 style="margin: 0;">GAW Brief</h1> <h2 style="margin: 0;">des Deutschen Wetterdienstes</h2> <p style="margin: 0;">Meteorologisches Observatorium Hohenpeißenberg</p>	
www.wmo.ch/web/arep/gaw_home.html	http://www.dwd.de/de/FundE/Observator/MOHP/hp2/gaw/gaw.htm	
<p>Allgemein Klima Strahlung Treibhausgase Spurengase Aerosol Niederschlag Analysen Trends Ursachen</p>		

Klimawirksamkeit des schwarzen Kohlenstoffs verlangt genauere Messverfahren: Erste Ergebnisse mit einem neuartigen Mehrwinkelabsorptionsphotometer

Andreas Petzold und Axel Lauer, DLR, Uwe Kaminski, DWD

Eine der großen Unbekannten im globalen Klimasystem sind nach wie vor die luftgetragenen Aerosolpartikel und deren Wechselwirkung mit der Solarstrahlung. Grundsätzlich können Aerosolpartikel je nach chemischer Beschaffenheit die einfallende Solarstrahlung streuen - also deren Ausbreitungsrichtung verändern - und absorbieren und damit in Wärmeenergie umwandeln. Beide Prozesse wirken sich unterschiedlich auf den globalen Strahlungshaushalt aus. Während die Rückstreuung einfallender Solarstrahlung in das Weltall in seiner Tendenz eher zu einer Abkühlung der Atmosphäre führt und damit dem Treibhauseffekt der Spurengase entgegen wirkt, kann die erhöhte Strahlungsabsorption durch Partikel zu einer lokalen Verstärkung des Treibhauseffekts führen. Der Aerosolabsorptionskoeffizient ist im Bereich der sichtbaren Strahlung unmittelbar mit dem schwarzen Kohlenstoff (black carbon, BC) oder auch Ruß, verknüpft. Da schwarzer Kohlenstoff bei unvollständigen Verbrennungsprozessen gebildet wird, stellt er in Mitteleuropa einen Schlüsselindikator für die anthropogen bedingte Luftverschmutzung durch Partikelemissionen dar.

Neue Beobachtungen im Rahmen des weltweiten Netzes AERONET zur Messung der aerosoloptischen Dicke durch Sonnenphotometer und neue Modellstudien legen nahe, dass der schwarze Kohlenstoff und damit seine Klimawirksamkeit in globalen Klimatologien derzeit unterschätzt wird. Ein Teil der kühlenden Wirkung eines streuenden Aerosols kann durch die erwärmende Wirkung des strahlungsabsorbierenden schwarzen Kohlenstoffs kompensiert werden. Damit ergibt sich die zwingende Notwendigkeit, beide Aerosolkomponenten gleichermaßen in ihrer zeitlichen Entwicklung zu beobachten, um rechtzeitig einer Entwicklung gegensteuern zu können, die etwa durch die einseitige Reduktion der Vorläufersubstanzen für streuende Aerosole zu einer zunehmenden Bedeutung des absorbierenden schwarzen Kohlenstoffs im globalen Klimasystem führt.

Die zuverlässige Messung der Streu- und Absorptionseigenschaften des Aerosols der Troposphäre hat daher einen sehr hohen Stellenwert im Rahmen des GAW-Langzeitbeobachtungsprogramms. Eine zuverlässige und störungsfreie Messung der Rußkonzentration war lange Zeit nicht möglich, da die zur Verfügung stehenden Messverfahren Querempfindlichkeiten zur Lichtstreuung an den Partikeln aufwiesen und damit aufwändig korrigiert werden mussten. Erst mit dem am Institut für Physik der Atmosphäre des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) entwickelten und von der Firma ESM Andersen Instruments (www.esm-online.de/andersen/) in Erlangen produzierten „Multi-Angle“ Absorption Photometer MAAP hat sich die Situation verbessert. Das Verfahren basiert, so wie alle bis dahin verfügbaren Methoden zur Messung des Aerosol-

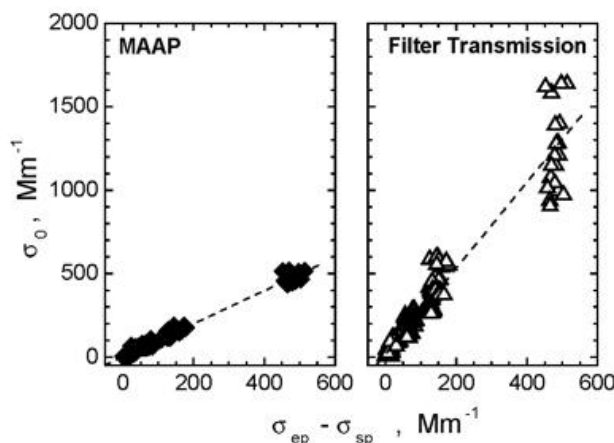


Abbildung 1. Vergleich des Aerosolabsorptionskoeffizienten σ_0 , gemessen mit einem MAAP und einer Filtertransmissionsmessung, mit dem Referenzwert $\sigma_{ep} - \sigma_{sp}$, gemessen als Differenz aus Extinktion und Streuung des Lichts für ein Testaerosol aus Ammoniumsulfat und schwarzem Kohlenstoff, die Linien geben die Regressionsgeraden wieder.

absorbierenden schwarzen Kohlenstoffs im globalen Klimasystem führt. Die zuverlässige Messung der Streu- und Absorptionseigenschaften des Aerosols der Troposphäre hat daher einen sehr hohen Stellenwert im Rahmen des GAW-Langzeitbeobachtungsprogramms. Eine zuverlässige und störungsfreie Messung der Rußkonzentration war lange Zeit nicht möglich, da die zur Verfügung stehenden Messverfahren Querempfindlichkeiten zur Lichtstreuung an den Partikeln aufwiesen und damit aufwändig korrigiert werden mussten. Erst mit dem am Institut für Physik der Atmosphäre des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) entwickelten und von der Firma ESM Andersen Instruments (www.esm-online.de/andersen/) in Erlangen produzierten „Multi-Angle“ Absorption Photometer MAAP hat sich die Situation verbessert. Das Verfahren basiert, so wie alle bis dahin verfügbaren Methoden zur Messung des Aerosol-

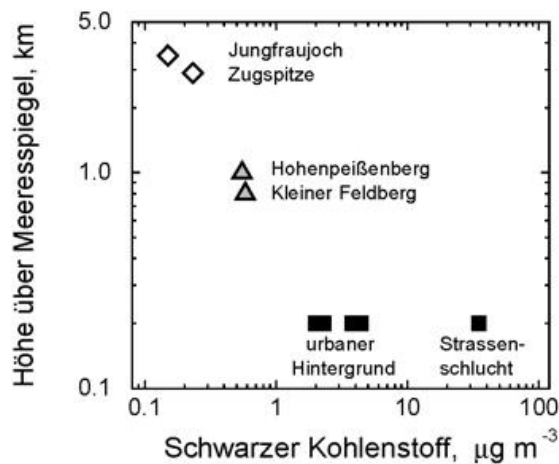


Abbildung 2. Tagesmittelwerte der Massenkonzentration von schwarzem Kohlenstoff (Ruß) in der urbanen Atmosphäre sowie in der planetaren Grenzschicht und in der freien Troposphäre an mehreren Bergstationen; die Messwerte stammen aus dem Zeitraum 2000 – 2003.

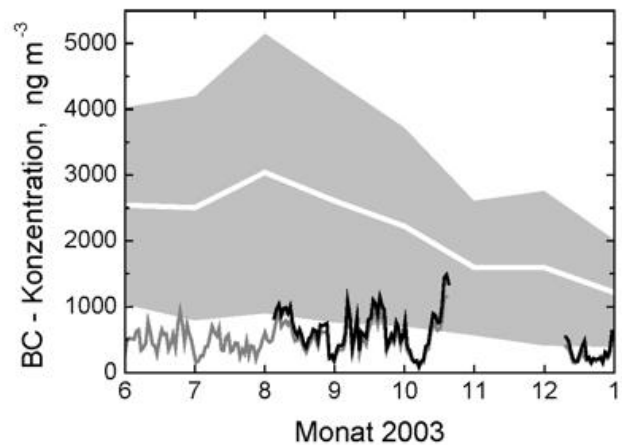


Abbildung 3. Monatsmittelwerte (weiße Linie) mit Variabilität (graue Fläche) für den schwarzen Kohlenstoff für eine den süddeutschen Raum umschließende Gitterbox des Globalen Klimamodells ECHAM. Die Messdaten des Hohenpeißenbergs (MAAP: schwarze Linie, Aethalometer: graue Linie) markieren die Untergrenze der Belastung und damit den atmosphärischen Hintergrund in der kontinentalen Atmosphäre.

absorptionskoeffizienten, auf der Sammlung luftgetragener Partikel auf einem Filter und der optischen Analyse der deponierten Partikel. Im Gegensatz zur bis dahin praktizierten einfachen Durchlicht- oder Transmissionsanalyse der partikelbeladenen Filter, wie etwa bei einem Aethalometer, benutzt das MAAP einen komplexen Inversionsalgorithmus, der auf einer Strahlungstransportanalyse des Systems aus Aerosolschicht und Filtermatrix aufbaut und damit die Streueffekte des Aerosols in die Analyse mit einbezieht. Die Methode konnte bei mehreren Vergleichsstudien in Europa und in den USA erfolgreich bestehen. Abb. 1 zeigt den Vergleich zwischen dem Absorptionskoeffizienten, gemessen mit einem MAAP und einer einfachen Filtertransmissionsanalyse analog zum Aethalometer und einer Referenzmethode, bestehend aus einer Extinktions- und einer Streulichtmessung. Das untersuchte Aerosol wurde im Labor aus Ammoniumsulfat und schwarzem Kohlenstoff als Licht streuende und absorbierende Komponenten hergestellt. Es ist klar zu erkennen, dass das MAAP den Aerosolabsorptionskoeffizienten unmittelbar misst, während bei der Transmissionsmessung erhebliche Korrekturen erforderlich sind.

An der GAW Station Hohenpeißenberg ist ein MAAP seit August 2003 im Einsatz. Während der Erprobungsphase des Instruments wurden mehrere Messreihen bei unterschiedlichsten Belastungssituationen – von einer Straßenkreuzung bis zur Langzeitmessung auf Bergstationen wie der Zugspitze (2950 m über NN) und dem Jungfrauoch (3580 m über NN) - durchgeführt. Die dabei gewonnen Daten sind in Abb. 2 zusammengefasst. Man erkennt die starke Abnahme des schwarzen Kohlenstoffs mit der Höhe und dass die Spitzenwerte an Verkehrsmessstellen im Stadtgebiet um einen Faktor 100 und mehr über den Werten in der freien Troposphäre liegen. Stationen wie der Hohenpeißenberg, die im überwiegenden Teil der Zeit innerhalb der planetaren Grenzschicht liegen, fügen sich gut in das Gesamtbild der vertikalen Abnahme des schwarzen Kohlenstoffs ein. Die Tagesmittelwerte am Hohenpeißenberg und in Ballungsgebieten unterscheiden sich immerhin noch um eine Größenordnung. Am Institut für Physik der Atmosphäre des DLR werden auch globale Modellsimulationen für die Ausbreitung des schwarzen Kohlenstoffs aus bodengebundenen anthropogenen und biogenen Quellen durchgeführt. Abb. 3 zeigt als erstes Ergebnis dieser Untersuchungen den Halbjahresgang des schwarzen Kohlenstoffs für eine Gitterbox der Größe 270×420 km, die den gesamten süddeutschen Raum einschließt, und für eine Höhe von 1000 m. Die Messwerte vom Hohenpeißenberg stimmen gut mit den unteren Belastungswerten des Modells überein. Ein weiteres Indiz für die Repräsentativität der Messwerte vom Hohenpeißenberg liefert der Vergleich mit Daten vom Kleinen Feldberg im Taunus während einer kurzen Messphase im Oktober 2000. Im Netzwerk der GAW-Stationen gelten die Messungen am Hohenpeißenberg generell als repräsentativ für die Hintergrundbelastung in der kontinentalen Grenzschicht im dicht besiedelten Mitteleuropa.