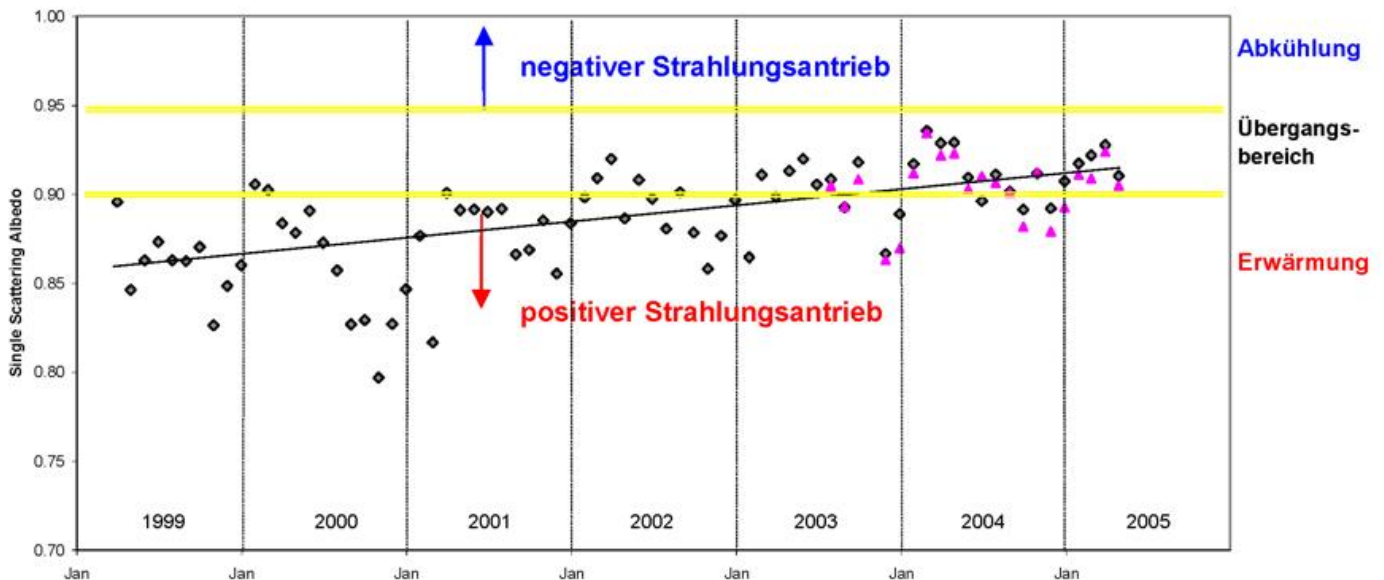


	<p>Global Atmosphere Watch</p> <h1 style="margin: 0;">GAW Brief</h1> <h2 style="margin: 0;">des Deutschen Wetterdienstes</h2> <p style="margin: 0;">Meteorologisches Observatorium Hohenpeißenberg</p>	
<a href="http://www.wmo.ch/web/arep/gaw/gaw_home.html">www.wmo.ch/web/arep/gaw/gaw_home.html</a>	<a href="http://www.dwd.de/de/FundE/Observator/MOHP/hp2/gaw/gaw.htm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

### Verstärken oder dämpfen Aerosole den Treibhauseffekt ?

Uwe Kaminski und Marita Hofmann, Meteorologisches Observatorium Hohenpeißenberg

Klimamodelle prognostizieren für den Zeitraum 1990 bis 2100 auf Grund einer stetigen Zunahme von Treibhausgasen wie z. B. CO<sub>2</sub> (s. GAW Brief 19) einen globalen Temperaturanstieg von 1,4 bis 5,8 ° C. Große Unsicherheit bzgl. des Ausmaßes der globalen Temperaturerhöhung liegt in den Wirkungen des atmosphärischen Aerosols. Partikeln wurden in der Vergangenheit als Gegenspieler der Treibhausgase gesehen, weil man glaubte, dass sie generell (entweder direkt oder indirekt über Wolken) eine Abkühlung bewirken und somit den Treibhauseffekt dämpfen. Man spricht auch von dem Antitreibhauseffekt. Heute weiß man, dass Aerosolpartikeln sowohl zu einer Abkühlung als auch zu einer Erwärmung beitragen können, je nachdem ob sie die Sonnenstrahlung netto in den Weltraum zurückstreuen oder die Strahlung absorbieren und die umgebenden Luftschichten erwärmen. Dies ist der sogenannte direkte Strahlungsantrieb durch Aerosole. Ein Parameter, der eine Aussage darüber macht, ob das vorhandene Aerosolgemisch eine Abkühlung (negativer Strahlungsantrieb) oder eine Erwärmung (positiver Strahlungsantrieb) bewirkt, ist die sogenannte „Single Scattering Albedo“ (SSA). Sie gibt das Verhältnis von Streuung zu Extinktion wieder, wobei die Extinktion

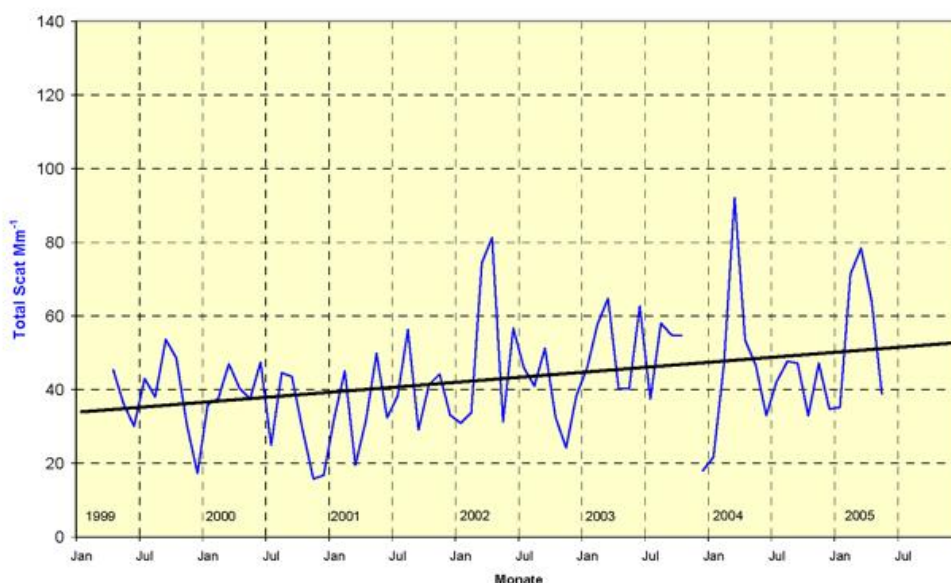


**Abb. 1:** Zeitlicher Verlauf der berechneten „Single Scattering Albedo“ (Verhältnis von Streuung zu Extinktion, wobei die Extinktion die Summe aus Streuung und Absorption darstellt) am Hohenpeißenberg. Rauten stellen SSA-Werte dar, bei denen der Absorptionsterm aus korrigierten Aethalometer-Messwerten berechnet wurde, bei Dreiecken in Magenta wurden die Messwerte des „Multi Angle Absorption Photometers“ verwendet.

die Summe aus Streuung und Absorption darstellt. Die SSA ist ein Schlüsselparame- ter, der den Einfluss des Aerosols auf das globale und regionale Klima bestimmt. Der kritische SSA-Wert, der darüber entscheidet, ob der Aerosolantrieb zu einer Erwärmung oder einer Abkühlung führt, wird oberhalb von 0.95 und unterhalb von 0.9 gesehen (Hansen et. al., Journal of Geophys. Res., 1997). Bei einer SSA von > 0.95 wird das atmosphärische Aerosol in fast allen Fällen eine Abkühlung bewirken. Falls die SSA < 0.9 ist, heizen Aero-

solpartikeln die Troposphäre markant auf und forcieren die globale Erwärmung. Weiterhin gibt es Hinweise darauf, dass absorbierende Aerosole auch den hydrologischen Zyklus beeinflussen. Der Wert für die SSA ist nahe 1, wenn keine Absorption auftritt und nahe 0, wenn keine Streuung vorhanden ist. Beide Messgrößen, Streuung und Absorption, gehören zum Routinemessprogramm an der GAW Globalstation Hohenpeißenberg. Die Streuung von Licht an Aerosolpartikeln wird mit einem integrierenden Mehrwellenlängen-Nephelometer (TSI 3563) gemessen. Die Absorption wird aus der Rußmasse bestimmt, die früher mit einem Aethalometer, seit August 2003 parallel mit Aethalometer und dem MAAP („Multi Angle Absorption Photometer“) gemessen wird. Da die Aethalometermessungen fehlerbehaftet sind (s. GAW Brief 21), wurde aus dem Parallellauf von Aethalometer und MAAP ein Algorithmus abgeleitet, der eine rückwirkende Korrektur der Aethalometerdaten ermöglicht. Die Abbildung 1 zeigt den zeitlichen Verlauf der SSA, berechnet aus korrigierten Aethalometerdaten (Rauten) und den MAAP-Daten (Dreiecke in Magenta). Die geringen Abweichungen zeigen die Güte des Korrekturverfahrens. Eine hohe Unsicherheit bei der Messung der Streuung stellt die Tatsache dar, dass die Aerosole unter trockenen Bedingungen gemessen werden (etwa 30 % relative Feuchte), obwohl in der Atmosphäre die relative Feuchte einen großen Einfluss auf die Streueigenschaften des Aerosols hat.

Von 1999 bis 2005 hat sich die SSA am Hohenpeißenberg von 0.85 auf 0.91 verändert. Dies bedeutet, dass in den Anfangsjahren das Aerosol den Temperaturanstieg nicht gedämpft, sondern eher verstärkt hat. Zur Zeit deutet der Wert der SSA auf einen Übergangsbereich hin. Die Zukunft wird darüber entscheiden, ob das atmosphärische Aerosol hier den Treibhauseffekt verstärken oder dämpfen wird. Hohe Konzentrationen von streuenden Sulfataerosolen ( $SSA > 0.95$ ), wie sie z.B. von Mega-Cities emittiert werden, dämpfen den Temperaturanstieg. Wenn durch Luftreinhaltemaßnahmen (Verringerung des Aerosolausstoßes insbesondere von streuenden Sulfataerosolen) die Kühlung zurückgeht, könnte die Erwärmung umso stärker ausfallen. Wodurch ist aber die Veränderung der SSA im Bereich des Hohenpeißenbergs bewirkt worden – durch eine Änderung der Streuung oder eine Änderung der Absorption? Während die Rußkonzentrationen und damit die Absorption im untersuchten Zeitraum konstant geblieben sind, hat der Streuanteil durch Aerosolpartikeln zugenommen (Abb. 2), d.h. das regionale Aerosol setzt sich in der Summe mehr aus streuenden als absorbierenden Partikeln zusammen.



*Abb. 2:* Zeitliche Änderung der Streuung durch Aerosolpartikeln am Hohenpeißenberg von 1999-2005 gemessen mit einem Nephelometer (TSI 3563). Dargestellt sind die Monatsmittelwerte und der lineare Trend.

Messungen von Streuung und Absorption und Berechnung der SSA sind notwendig zur Abschätzung des lokalen Beitrages zum Strahlungsantrieb durch Aerosolpartikeln. Verschiedene Aerosoltypen bewirken sehr unterschiedliche Strahlungsantriebe. Die Unterschiede sind groß verglichen mit den Werten, die gegenwärtig in Klimamodellen verwendet werden. Aus Vereinfachungsgründen versucht man die Aerosole, die für den direkten Strahlungseffekt wichtig sind, in Klassen zusammenzufassen: Streuendes Sulfataerosol, streuender und absorbierender Mineralstaub und absorbierendes Aerosol aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe und Biomasse. Das bedeutet große Unsicherheiten in der Vorhersage von Klimamodellen. Die SSA zeigt eine geringe Variabilität in der Vertikalen, weshalb Bodenmessungen wie an der GAW Globalstation Hohenpeißenberg daher als repräsentativ für die untere Luftsäule in der Umgebung angesehen werden können. Ob die Ergebnisse auch die großräumige Situation wiedergeben, kann nur ein Vergleich der Daten eines globalen Messnetzes wie GAW zeigen.