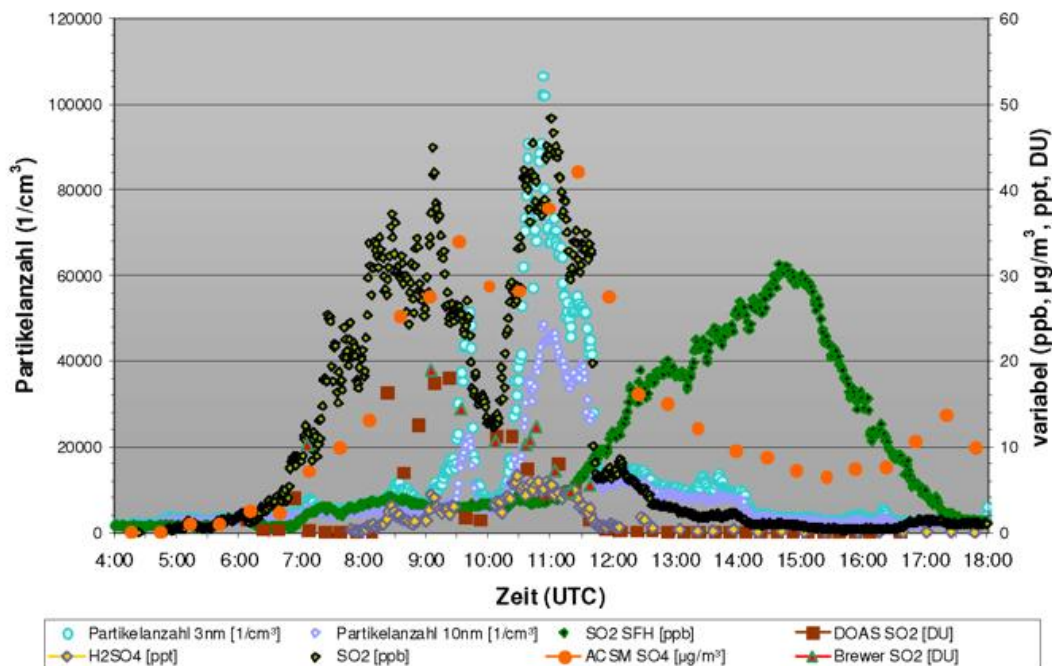


W. Thomas, S. Gilge, M. Elsasser, T. Elste,  
H. Flentje, R. Holla, U. Köhler, C. Plass-Dülmer  
Meteorologisches Observatorium Hohenpeißenberg

## Ausbruch des Bárðarbunga verursacht neue Rekordwerte oxidierter Schwefelverbindungen am Meteorologischen Observatorium Hohenpeißenberg

Seit Mitte August blickt Europa wieder nach Island und beobachtet mit einer Mischung aus Spannung und Sorge das nunmehr seit mehreren Wochen aktive Vulkansystem des Bárðarbunga. Zu frisch noch ist die Erinnerung an die Ausbrüche des Eyjafjalla im April und Mai 2010 (GAW-Brief 53), mit damals weitreichenden Folgen für den Flugverkehr. Mitteleuropa blieb jedoch bisher weitgehend unbehelligt von den Emissionen der Spalteneruption nördlich des Vatnajökull auf Island. Dies lag zum einen an den bisher günstigen Wetterlagen, die für den Transport der teilweise sehr schwefelreichen Emissionen über gering bewohnte Gebiete in Nordskandinavien, Sibirien und auch Grönland sorgten. Zum anderen produzierte der bisherige Verlauf der Eruption auch nur relativ geringe Menge an Asche, da es bisher kaum zur gefürchteten explosiven und ascheträchtigen Mischung aus Lava und Schnee/Eis kam. Am Morgen des 22. September jedoch zeichneten mehrere Spurengas- und Aerosolmessgeräte an den Standorten Hohenpeißenberg (HPB) und Schneefernerhaus (SFH) plötzlich deutlich ansteigende Werte für mehrere Parameter auf, die typisch für Vulkanemissionen sind. Rückwärtstrajektorien des COSMO- Modells zeigten auch klar die Herkunft der Luftmassen aus Island in der Troposphäre unterhalb von ca. 5 km über Grund (Abb. 2 rechts).



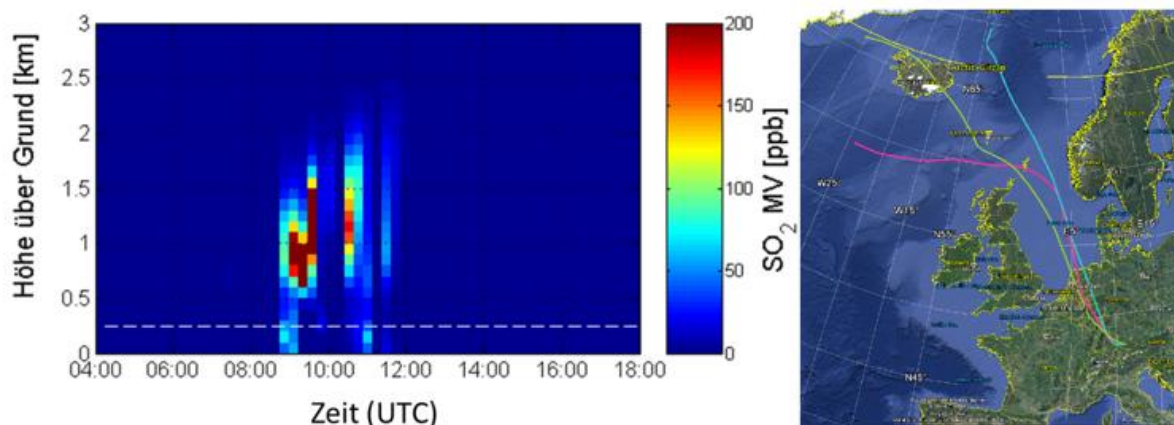
**Abb. 1:** Verlauf der in-situ  $\text{SO}_2$ -Mischungsverhältnisse am HPB (hellgrün) und am SFH (dunkelgrün) in ppb, der Partikelzahlen (hellblau) pro  $\text{cm}^3$ , der in-situ Sulfatkonzentration (orange) in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , der Schwefelsäurekonzentration (gelb) in ppt sowie der Gesamtsäulenwerte (Brewer – braun, MAX-DOAS – rot) in DU am 22. September 2014 (letzte alle HPB).

Beginnend um 6:30 UTC stiegen am HPB die Schwefeldioxid ( $\text{SO}_2$ ) – Volumemischungsverhältnisse (MV) innerhalb weniger Stunden rasant an (Abb. 1). So wurden sowohl am HPB mit knapp 50 ppb als auch am Standort SFH mit über 30 ppb die bisherigen Maximalkonzentrationen für  $\text{SO}_2$  weit übertroffen. Zum Vergleich: Die nach dem Ausbruch des Eyjafjalla in Bayern gemessenen  $\text{SO}_2$ -MVs (Flentje et al., 2010) lagen bei vergleichsweise bescheidenen 2.5 ppb (HPB) und 3.5 ppb (SFH). Die  $\text{SO}_2$ -Belastung am SFH erreichte das Tagesmaximum aufgrund der südlicheren Lage allerdings erst mehrere Stunden später gegen 15:00 UTC. Da am 22. September am HPB kein

nennenswerter Niederschlag registriert wurde ist der kurzzeitige Abfall der Werte zwischen 9:40 und 10:15 UTC auf einen in Nord-Süd Richtung wellenden Verlauf der SO<sub>2</sub>-Luftmassengrenze über dem HPB zurückzuführen. Im genannten Zeitraum drehte der Wind vorübergehend von westlichen auf nordwestliche Richtungen und sorgte am Rand der in Nord-Süd-Richtung scharf begrenzten Luftmasse vermutlich für einen Wechsel von stark belasteter zu weniger belasteter Luft. Anstieg und Abfall der SO<sub>2</sub>-MV am SFH verliefen dagegen fast symmetrisch und ohne Unterbrechungen.

Der Anstieg der Partikelanzahl, hauptsächlich im Nukleationsmode (<20 nm), folgt mit Unterbrechungen der Auflösung der Wolken (ca. 7:00, 8:30, endgültig um 9:30 UTC), deren Tröpfchen das interstitielle Aerosol sehr effizient aufnehmen und selbst im Einlass abgeschieden werden. Danach ist die Partikelanzahl wie auch am SFH eng mit dem SO<sub>2</sub>-MV korreliert. Die Ergebnisse des Aerosolmassenspektrometers am HPB hingegen zeigen einen zeitgleichen Anstieg der Sulfatkonzentrationen und der Schwefeldioxidkonzentration. Obwohl sich das ACSM-Gerät noch in der Erprobungsphase befindet, passen sowohl der zeitliche Verlauf als auch der gemessene Spitzenwert der Sulfatkonzentration von ca. 40 µg/m<sup>3</sup> gut zu den weiteren Messungen. Die Zeitdifferenz zwischen den Maxima in der SO<sub>2</sub>- und Sulfatkonzentration relativ zu den Partikelzahlen lässt den Schluss zu, dass bereits Sulfatpartikel advehiert wurden, jedoch später zusätzlich durch lokale Bildung von Schwefelsäure und nachfolgend Sulfat in der belasteten Luftmasse Partikel entstanden. Die ebenfalls am HPB gemessenen MV der gasförmigen Schwefelsäure liegen mit 7 ppt etwa das Zehnfache höher als der bisherige Spitzenwert von 0.7 ppt (Eyjafjalla-Ausbruch April/Mai 2010) Sie zeigen ebenfalls einen zeitlich verzögerten Anstieg und unterstützen damit die lokale Bildung von Schwefelsäure über die Reaktion von SO<sub>2</sub> mit dem OH-Radikal und nachfolgend Sulfatpartikeln.

Laufende Routinemessungen zur SO<sub>2</sub>-Säulenkonzentrationen mit einem Brewerinstrument ergaben mit knapp 20 Dobson Units (DU) den höchsten Wert, der seit 1983 am HPB gemessen wurde. Trotz der durch niedrige Bewölkung immer wieder eingeschränkten Beobachtungsbedingungen wurde der Anstieg der SO<sub>2</sub>-Säulenwerte in etwa zeitgleich mit dem Anstieg der in-situ SO<sub>2</sub>-MV beobachtet. Am HPB befindet sich ein weiteres Gerät zur Bestimmung von Spurengasprofilen und zur Säulenkonzentration derzeit in der prä-operationellen Betriebsphase. Erste SO<sub>2</sub>-Auswertungen des MAX-DOAS Spurengassensors ergaben in guter zeitlicher Übereinstimmung mit den Brewer-messungen vergleichbar hohe Säulenwerte bis knapp 20 DU und zeigen weiterhin, dass die maximalen SO<sub>2</sub>-Werte zwischen 0.7 und 1.5 km erreicht wurden und SO<sub>2</sub> bis in eine Höhe von ca. 2 km nachweisbar war (Abb. 2), was wiederum gut mit den gemessenen unterschiedlichen Mischungsverhältnissen am HPB und SFH übereinstimmt. Genauere Auswertungen, und hier insbesondere die Analyse der Partikelbildung aus der Gasphase, werden noch einige Zeit in Anspruch nehmen.



**Abb. 2:** Zeit-Höhenprofil der SO<sub>2</sub>-Mischungsverhältnisse aus MAX-DOAS am 22. September 2014 (links), mit Maxima gegen 9:30 und 10:30 UTC zwischen 0.5 und 1.5 km über Grund. Die gestrichelte Linie zeigt die Höhe des Instruments (250 m) über der Umgebung an. Rechtes Bild: COSMO-EU-Rückwärtstrajektorien in 3 Höhen (rot=6hPa, blau=850 hPa, grün=700 hPa) am Standort HPB für den 22.09.14 um 12:00 UTC.

#### Referenzen:

Flentje et al., Atmos. Chem. Phys., 10, 10085–10092, 2010  
GAW-Brief No. 53

Werner.Thomas@dwd.de