

Analyse spektroskopischer Langzeit - Vulkanemissionsmessungen von SO₂ und BrO im Hinblick auf die zugrundeliegenden geophysikalischen Prozesse. (DFG 2014-2017)

Die Zusammensetzung und Menge emittierter Gase geben Hinweise auf Prozesse im Vulkaninneren. Veränderungen in der ausgestoßenen Gasmenge können neben geophysikalischen Parametern (e.g. Seismik, Deformation) ein zusätzliches Hilfsmittel zur Vorhersage von Vulkanausbrüchen sein. Neben der Gesamtmenge freigesetzter Gase kann auch das Verhältnis der Gase untereinander Hinweise auf bestimmte Arten von Vulkanaktivität geben. Im Zentrum dieses Antrages steht die verbesserte Auswertung von Daten (Spektren) aus der umfassenden Datenbank des "Network for Observation of Volcanic and Atmospheric Change", NOVAC, das derzeit mehr als 60 Instrumente an 24 Vulkanen umfasst, mit folgenden Zielen:

1. Verbesserte Auswertalgorithmen für SO₂ und BrO, Anwendung von vereinfachter Strahlungstransportkorrektur, und Nutzung der größeren Datenstatistik zur verbesserten Bestimmung der SO₂-Flüsse, der SO₂/BrO-Verhältnisse und des globalen vulkanischen BrO und SO₂ Beitrages in die Atmosphäre.
2. Die Analyse von SO₂ Flüssen und BrO/SO₂ Verhältnissen in Hinblick auf ihre Korrelation mit vulkanischen Prozessen und damit einhergehend die Verbesserung der Vorhersage von Ausbrüchen. Die große Menge an Daten des NOVAC-Meßnetzes bietet die Möglichkeit Zeitreihenanalysen durchzuführen und in enger Zusammenarbeit mit Observatorien vor Ort (Kolumbien und Ecuador) die Zeitreihen der emittierten Gasmengen mit den Signalen anderer Parameter (z.B. Seismik und Deformation sowie auch Meteorologie) zu korrelieren und Zusammenhänge zu erkennen.

Brom und Chlorchemie in Vulkanfahnen (DFG 2013-2015)

Während Ausbrüchen sowie während stiller kontinuierlicher Entgasung emittieren Vulkane Gase und Partikel, die zusammen mit den sich daraus bildenden sekundären Produkten unsere Atmosphäre beeinflussen. Die Untersuchung von Vulkangasen gibt aber auch Einblicke in das Vulkaninnere. Mit Ausnahme von SO₂ können Vulkangase bislang noch immer nicht oder nur unter bestimmten Bedingungen mit Fernerkundungsmesstechniken an Vulkanen untersucht werden. Häufig muss also auf in-situ Techniken zurückgegriffen werden. Das kann gefährlich sein und eine lückenlose Untersuchung vieler Eruptionsverläufe ist oft nicht möglich.

Als ein Ergebnis des vorangehenden DFG Projekt 36 1-1 konnte gezeigt werden, dass Brommonoxid (BrO) als interessante, weitere Indikator-Spezies zur Untersuchung der Magmabewegung im Erdinneren in Frage kommt. Die eingehende Erforschung der Eignung von BrO soll daher ein zentrales Element des Projektes werden.

Messungen von BrO haben wie die von SO₂ den Vorteil, dass sie relative einfach, und in sicherem Abstand zum Vulkan durchführbar sind. Zwar ist BrO anders als SO₂ ein wesentlich kurzlebigeres Molekül, das erst beim Durchmischen der Vulkangasemissionen mit der

Umgebungsluft entsteht, aber es gibt bereits Hinweise, dass sich das BrO/SO₂ Verhältnis bereits nach wenigen Minuten in einem Übergangsgleichgewicht einstellt.

Weitere Untersuchungen zur Bromchemie aber insbesondere die bislang noch viel weniger verstandene Chlorchemie in Vulkanfahnen werden wesentliche Punkte im Projekt sein. Obwohl ClO und OCIO bereits von Lee et al, 2006 bzw. Bobrowski et al., 2007 nachgewiesen wurden, konnten die gefundenen Werte nicht mit der uns bekannten Chemie erklärt werden und geben weiterhin Rätsel auf. Nach der kürzlich gemachten Entdeckung von signifikanten Mengen von Cl₂ und Messungen die erneut zeigen, dass sich das HCl/SO₂ Verhältnis in einer alternden Vulkanfahne signifikant ändert, muss endlich auch die bislang quasi ignorierte reaktive Chlorchemie angegangen werden. Da diese sowohl die Atmosphärenchemie in bislang unbekannter Weise beeinflusst als auch die Interpretation von Vulkangasemissionen bzgl. vulkanischer Aktivität weiterbringen könnte.

Zur Untersuchung der Brom- und Chlorchemie in Vulkanfahnen und ihrer möglichen Korrelationen mit vulkanischer Aktivität sollen Gasemissionen und Gaszusammensetzung durch quasi-kontinuierlichen Messungen am Ätna sowie in 5 intensiven Schwerpunktkampagnen an den Vulkanen Ätna (Italien), Masaya (Nicaragua) und Niyragongo (DR Kongo) bestimmt werden. Anwendung wird vor allem die Differentielle Optische Absorptionsspektroskopie (DOAS) finden mit der SO₂, BrO, ClO, OCIO und OBrO hochempfindlich nachweisbar sind. Anschließend sollen die Daten mit dem Model Mistra simuliert werden. Die mit der DOAS-Technik genommenen Daten werden ergänzt durch in-situ Gasmessungen, meteorologische Daten und visuelle Beobachtungen.

Bromchemie in Vulkanfahnen (DFG 2010-2013)

Gasmessungen an Vulkanen sind ein anerkanntes Werkzeug um Erkenntnisse über das Innere eines Vulkans zu erzielen. Im Mittelpunkt des Projektes steht die Frage ob das Verhältnis von Brommonoxid (BrO) zu Schwefeldioxid (SO₂) in der Vulkanfahne als Indikator für vulkanische Prozesse dienen kann. Messungen von BrO und SO₂ haben den Vorteil relative einfach und in sicherem Abstand zum Vulkan durchführbar zu sein.

Zunächst ist es aber wichtig zu verstehen in welchem Verhältnis die Halogenoxide zu der Gesamtemission der einzelnen Halogene stehen und welchen Einfluss meteorologische Faktoren auf die Bildung und Messung von Halogenoxiden haben. Erst dadurch kann die Möglichkeit der Halogenoxide als Indikator für vulkanische Veränderungen untersucht werden. Desweiteren soll in diesem Projekt der Einfluss der Halogenemissionen von Vulkanen auf die Atmosphäre mit Hilfe der hinzugewonnenen Erkenntnissen neu überdacht werden.

Zur Untersuchung der Fahnenchemie sollen Gasemissionen und vulkanische Fahnenzusammensetzung der drei Vulkane Ätna, Italien, Popocateptl, Mexiko und Masaya, Nicaragua durch kontinuierlichen Messungen sowie in drei intensiven Schwerpunktkampagnen bestimmt werden. Anwendung wird vor allem die Differentielle Optische Absorptionsspektroskopie (DOAS) finden mit der SO₂, BrO, ClO und möglicherweise OBrO und IO gemessen werden. Die Daten werden ergänzt durch in-situ Gasmessungen, meteorologische Daten und Daten über die solare Einstrahlung.

FielVOLCAN (2009 – 2011 EU - FONCICYT)

NOVAC (EU project 2005-2010)

The idea of the NOVAC project is to establish a global network of stations for the quantitative measurement of volcanic gas emissions by UV absorption spectroscopy making use of a novel type of instrument, the Scanning Dual-beam miniature – Differential Optical Absorption Spectrometer (Mini- DOAS) developed within the EU-project DORSIVA. Primarily the instruments will be used to provide new parameters in the toolbox of the observatories for risk assessment, gas emission estimates and geophysical research on the local scale. In addition to this, data are exploited for other scientific purposes than local volcanic gas emissions, e.g. global estimates of volcanic gas emissions, large scale volcanic correlations, studies of climate change, studies of stratospheric ozone depletion. In particular large scale validation of satellite instruments for observing volcanic gas emissions will be possible for the first time, allowing to bring observation of volcanic gas emissions from space a significant step forward.

The Scanning Dual-beam Mini-DOAS instrument represents a major breakthrough in volcanic gas monitoring. It is capable of real-time automatic, unattended measurement of the total emission fluxes of SO₂ and BrO from a volcano with better than 5 minutes time resolution during daylight. The high time-resolution of the data enables correlations with other geophysical data, e.g. seismic data, thus significantly extending the information available for real-time risk assessment and research at the volcano. By comparing high time resolution gas emission data with emissions from neighbouring volcanoes on different geographical scales, or with other geophysical events (earthquakes, tidal waves) mechanisms of volcanic forcing may be revealed.

The spectra recorded by the instrument will also be used to derive data that complement global observation systems related to climate change and stratospheric ozone depletion research. These data are particularly valuable due to the fact that many volcanoes are located in remote areas sparsely covered by existing networks.

Initially the network encompassed observatories of 15 volcanoes from five continents, including some of the most active and strongest degassing volcanoes in the world. After the first year 4 more volcanoes was added with additional support from EC.

DORSIVA (EU project 2003-2005)

Volcanic emission significantly contributes to the global source of several atmospheric gases and aerosols. Measurements of volcanic gas fluxes yield vital information on magmatic conditions and processes; also they are important parameters for hazard assessment and risk mitigation. This project aims to develop robust and reliable optical remote sensing instruments and measurement strategies for surveillance of volcanic emissions of SO₂, halogen species (and possibly CO₂ and H₂O) with high time resolution (1-5 min.) and to test and demonstrate their use in field experiments (Soufriere Hills Volcano, Montserrat, and Mount Etna, Italy). Spectroscopic methods allow remote,

non-invasive, quantitative multi-component observations. Building on recent advances in passive remote sensing techniques, new monitoring capabilities for remote and automated measurement of volcanic gas fluxes by various novel techniques including tomographic approaches will be developed.