Arraymessung von Ausbrüchen des Vulkans Stromboli

Katja Stampka, Jörn Sesterhenn, Christian Graurock, Juan José Peña Fernández
Institut für Strömungsmechanik und Technische Akustik, Technische Universität Berlin, Email: katja.stampka@tu-berlin.de

Einleitung

Wie der Ausbruch des Vulkans Eyjafjallajökull in Island 2010 und die damit verbundene Sperrung des Flugraumes gezeigt hat, ist es sehr wichtig nicht nur Vorhersagen über den Zeitpunkt von Ausbrüchen machen zu können, sondern auch Aussagen über Ausbruchsparameter wie Austrittsgeschwindigkeit und Auswurfhöhe von Asche und Gesteinen zu kennen. Aber eine Bestimmung der Ausströmgeschwindigkeit bzw. des Innendruckes im Vulkan ist aufgrund der enormen Hitze mit Messsonden nicht möglich.
Die akustischen Eigenschaften eines Freistrahls sind jedoch hinreichend aus Messungen und Simulationen bekannt. Daraus entstand die Idee, dass, wenn sich ein Vulkanausbruch wie ein Freistrahl verhält, könnte es möglich sein, die Parameter des Vulkans durch akustische Messungen zu bestimmen.
In Abbildung 1 ist ein numerisch gerechneter Freistrahl dargestellt, bei dem mit Hilfe eines virtuellen Mikrofonarrays eine Quellkartierung vorgenommen wurde. Gut zu erkennen sind die periodischen Quellstrukturen, die entstehen, wenn großskalige Wirbel auf Stoßzellen des Überschallfreistrahls treffen [3]. Diese Quellstrukturen sind damit abhängig von der Strömungsgeschwindigkeit und dem Durchmesser der Öffnung. Aus den mit Hilfe eines Mikrofonarrays bestimmten Quellstrukturen könnte daher auf Parameter des Vulkanausbruches geschlossen werden. Um diese Idee zu verfolgen, musste zuerst

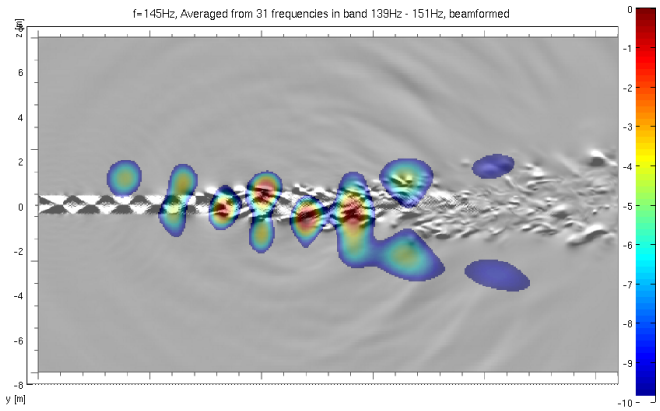

Abbildung 1: DNS eines Überschallfreistrahls (Re_D= 1000; M=1,5; M_j=2,18) und daraus berechnete Quellkarte

geklärt werden, ob ein Vulkanausbruch mit einem Freistrahl verglichen werden kann. Dazu wurde der Vulkan Stromboli auf der Insel Stromboli, die zu den Liparischen Inseln gehört, akustisch untersucht. Dieser Vulkan wurde ausgesucht, da er zu den daueraktiven Vulkanen gehört und im Minuten- bis Stundentakt ausbricht, sodass eine ausreichende Anzahl an Messdaten erhoben werden kann. Der Vulkan besteht aus vier Kratern, die wiederum mehrere Schlote aufweisen. Einige werfen Lava andere nur Gas-Asche-Gemische aus.

Messung

Da im Vorfeld weder der Frequenzbereich von Vulkanausbrüchen am Stromboli noch die genauen örtlichen Gegebenheiten bekannt waren, handelte es sich um eine Überblicksmessung. Ziel war es den Frequenzbereich der Vulkanausbrüche zu bestimmen, um daraus die Geometrie für ein zukünftiges Array bestimmen zu können, und die Schwierigkeiten bei dem Aufbau eines Arrays an einem Vulkan auszumachen. Die ersten Hürden liegen vor allem darin, dass die Messorte nur zu Fuß erreichbar sind, mit etwa 900 m.ü.N.N. und 3 Stunden Aufstieg, was das zu verwendende Equipment stark einschränkt. So ist zum Beispiel ein Positionieren der Mikrofone für das Array auf Platten nicht möglich. Außerdem muss das gesamte Messsystem über Batterien versorgt werden. Desweiteren ist das Gelände an den Messpositionen stark uneben, sodass der Aufbau eines Arrays sich als recht schwierig erwies.
An einer Stelle 400 bis 450 Meter von den Kratern entfernt auf gleicher Höhe wie die Krater wurde ein 8-Mikrofon Kreuzarray aufgebaut, siehe Abb. 2. Die genaue Lage der Mikrofone wurde mit dem Lokalisierungsverfahren nach Döbler [2] bestimmt. Das Array wurde auf Frequenzen zwischen 300 und 600 Hz abgestimmt.

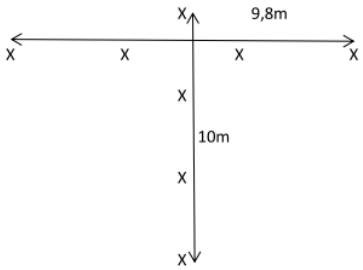

Abbildung 2: Prinzipskizze Mirofonarray am Vulkan Stromboli

Ergebnisse

Es konnten verschiedene Typen von Ausbrüchen ausgemacht werden, die auf die verschiedenen Krater zurückzuführen sind. In Abbildung 3 ist ein Zeitsignal und das passende Frequenzspektrum eines Ausbruchtyps zu sehen, bei welchem die Ausbrüche zwischen 4 bis 8 Sekunden dauern und die Geräusche große Ähnlickeit mit

dem eines Freistrahls aufweisen. Das Turbulent Mixing Noise kann in einem Frequenzbereich von 15 bis etwa 80 Hz ausgemacht werden. Der Peak bei 105 Hz könnte dem Broadband Shock Noise zugewiesen werden. [3]

Beim Vergleich der Spektrogramme eines Vulkan-

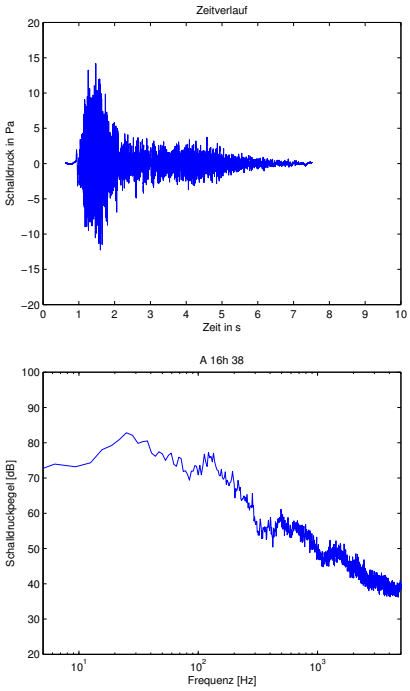

Abbildung 3: Zeitsignal und Frequenzspektrum eines Vulkanausbruch

ausbruchs mit dem eines numerisch gerechnetem Überschallfreistrahls ist die starke Ähnlichkeit gut zu erkennen (Abb. 4). Dies könnte ein Indiz sein, dass sich diese Vulkanausbrüche wie ein Überschallfreistrahl verhalten.

In Abbildung 5 ist die Quellkartierung von zwei verschiedenen Ausbrüchen aus unterschiedlichen Kratern dargestellt. Mit Hilfe des Arrays ist eine Lokalisierung der Vulkanausbrüche möglich, außerdem sind trotz des großen Abstandes verschiedene Quellstrukturen erkennbar. Das weißt darauf hin, das bei etwas besserer Auflösung genauere Strukturen erkennbar sein könnten.

Zusammenfassung und Ausblick

Es konnte festgestellt werden, dass sich einige Ausbrüche am Vulkan Stromboli wie ein Freistrahl verhalten. Aus dem Spektrum sowie aus dem Spektrogramm lässt sich schließen, dass diese Vulkanausbrüche sich wie ein Überschallfreistrahl verhalten. Mit Hilfe des Arrays konnten die Vulkane als Schallquellen geortet und auch Quellstrukturen ausgemacht werden. Jedoch war das Array nur auf Frequenzen zwischen 300 bis 600 Hz abgestimmt und ist damit nicht optimal für die abgestrahlten tieferen Frequenzen geeignet gewesen.

Für nachfolgende Messungen kann festgestellt werden, dass zur besseren Ortung der Schallquellen ein größeres Array mit einer größeren Anzahl an Mikrofonen notwendig ist. Jedoch ist die Anzahl der Mikrofone durch das ungünstige Gelände begrenzt. Außerdem sind exaktere

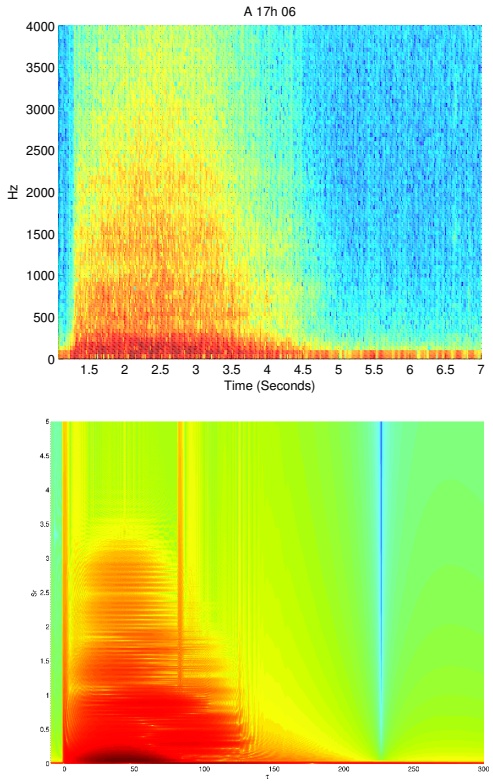

Abbildung 4: Spektrogramm (oben: Vulkanausbruch, unten: numerischer Überschallfreistrahl (Re_D= 1000; M=1,5; M_j=2,18))

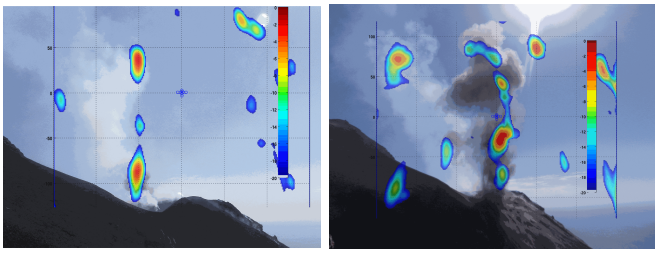

Abbildung 5: Quellkarten von verschiedenen Ausbrüchen (Terzmittenfrequenz von 340Hz mit 31 Frequenzen im Frequenzband)

Methoden zur Bestimmung der Mikrofonpositionen zu entwickeln, da das Verfahren nach [2] um so genauere Ergebnisse liefert je genauer die Ausgangsmikrofonpositionen vorgegeben werden.

Literatur

[1] Seiner, JM.: Advances in high speed jet aeroacoustics. AI AA (1984), 84-2275

[2] Döbler, D.,Heilmann, G., Ohm, M. : Automatic Detection Of Microphone Coordinates. 3rd Berlin Beamforming Conference BeBeC (2010)

[3] Tam, C. K. W.: Supersonic Jet Noise. Fluid Mech. 27 (1995), 17-43