GFZ
Helmholtz-Zentrum
POTSDAM

HELMHOLTZ-ZENTRUM POTSDAM
DEUTSCHES GEOFORSCHUNGSZENTRUM

Vulkane

Der Atem des Feuers

„Das Ansinnen eines Vulkans ist weder Menschen zu ängstigen, Aberglauben oder Frömmigkeit zu fördern, noch Städte zu zerstören; ein Vulkan ist vielmehr zu betrachten als ein Atemloch tief wurzelnder Feuerung." (James Hutton, 1788)

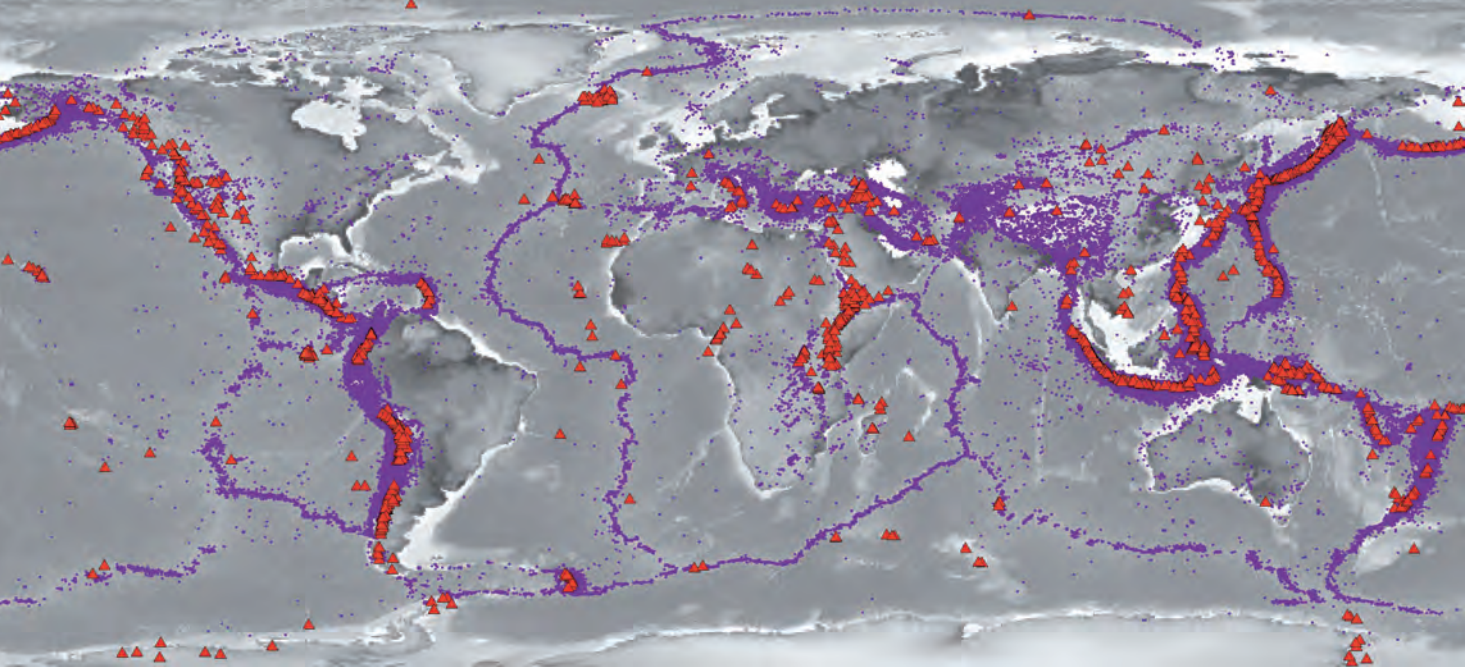
Vulkaneruptionen gehören zu den dramatischsten Naturereignissen, faszinierend und beängstigend zugleich. Zahlreiche Eruptionen wurden bereits in der Antike beobachtet, und in Legenden, Kunstwerken sowie nicht selten auch durch Gottheiten oder religiöse Rituale thematisiert.

Die Auswirkungen von Vulkaneruptionen auf unsere kulturelle und geschichtliche Entwicklung sind vielfältig und ihre Einflüsse auf die weitere Umgebung, wie Klima, Flora und Fauna, wissenschaftlich belegt. Klimatische Veränderungen, wie z.B. nach den Eruptionen des Tambora (1815) oder des Krakatau (1883), zeigen, dass Vulkaneruptionen sowohl Fachthemen übergreifende wie auch Grenzen überschreitende Wirkungen haben.

Eruption am Ätna, fotografiert von Astronauten der International Space Station (ISS) am 30. Oktober 2002

HELMHOLTZ-ZENTRUM POTSDAM
DEUTSCHES GEOFORSCHUNGSZENTRUM GFZ
Telegrafenberg · 14473 Potsdam
Telefon: +49 (0)331 288-1040
Fax: +49 (0)331 288-1044
e-mail: presse@gfz-potsdam.de

www.gfz-potsdam.de



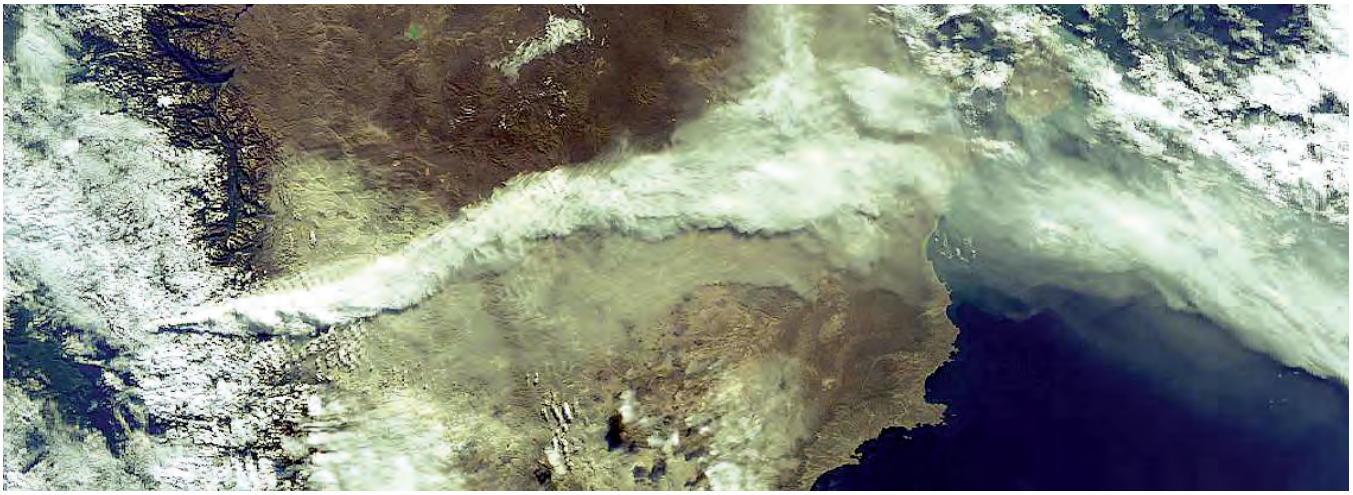
Die globale Verteilung von Vulkanen und Erdbeben ist eng an die kontinentalen Plattengrenzen geknüpft. An Land gelten etwa 1500 Vulkane als potentiell aktiv. Rote Dreiecke = Vulkane, violette Punkte = Erdbeben

Wird das Zeitrad um Jahrtausende zurückgedreht, so lassen sich vieljährige und tiefgreifende Veränderungen ergründen: Vor etwa 74 000 Jahren ereignete sich ein Ausbruch, der zu einem sogenannten genetischen Flaschenhals führte, bei dem auch unsere menschlichen Vorfahren beinahe ausgelöscht wurden. Heute vermutet man, dass die Eruption des Toba-Vulkans auf Sumatra (Indonesien) für die damit verbundene Kälteperiode (vulkanischer Winter) verantwortlich war. Kann sich auch heute so ein Ereignis wiederholen? Zahlreiche geologische Studien konnten belegen, dass sich Vulkane episodisch verhalten, und begründen auch scheinbar schlafende Vulkane unter die Lupe zu nehmen und genau zu überwachen. Wissenschaftler des GFZ erforschen deshalb die Ursachen von Vulkanismus, von den Quellregionen im Erdinneren, über die Aufstiegspfade von Fluiden und Schmelzen bis zu den Reservoieren und Magmakammern im oberen Erdmantel und in der Kruste unterhalb der Vulkane.

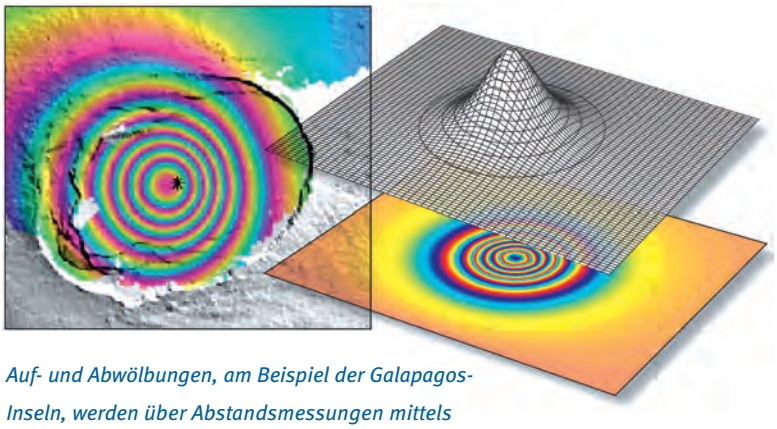
Nutzen und Gefahren liegen eng zusammen

Etwa ein Zehntel der Weltbevölkerung lebt in unmittelbarer Umgebung von aktiven oder potentiell gefährlichen Vulkanen, bewirtschaften die fruchtbaren Böden, profitieren von mikroklimatischen Bedingungen und nutzen zunehmend auch geothermische Energieressourcen. Es ist daher davon auszugehen, dass weit über 500 Millionen Menschen durch Vulkanismus direkt gefährdet sind. Derzeit gibt es über 100 Städte mit mehr als 2 Millionen Einwohnern, viele hiervon im vulkanischen Nahbereich, doch die Urbanisierung schreitet weiter fort. Schätzungsweise 1500 Vulkane an Land eruptierten innerhalb des Holozäns (d.h. in den letzten 10 000 Jahren), von diesen brach jeder dritte sogar mehrfach aus. Nicht zuletzt deshalb ist von einer großen Anzahl potentiell wieder aktiv werdender Vulkane auszugehen. Die Ruhephasen können dabei mehrere Generationen, nicht selten sogar Jahrtausende, umfassen, wie jüngst am Beispiel des Chaiten (Chile) verdeutlicht. Welche

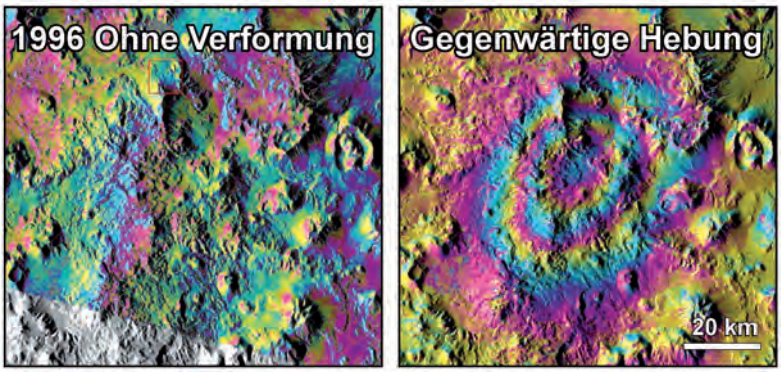
Besiedelung und Landnutzung nehmen im Nahbereich vieler Vulkane zu, hier am Merapi, Indonesien. (Foto: Erdbeben-Task-Force, GFZ)



Die Eruption des chilenischen Vulkans Chaiten im Mai 2008 nach fast 9000 Jahren Ruhephase bewirkte grenzüberschreitende Ascheregen und regionale Beeinträchtigungen des Luftverkehrs. Der Bildausschnitt zeigt Chile und Argentinien, 1000 km Ost-West (Foto: ENVISAT, Europäische Raumfahrtbehörde)



Auf- und Abwölbungen, am Beispiel der Galapagos-Inseln, werden über Abstandsmessungen mittels Satelliten und am Computer simulierbar. (Darstellung: Thomas Walter, GFZ)



Radarmessungen von Satelliten machen episodische Verformungen sichtbar. Hier der Vulkan Lastarria in den Anden. Gegenwärtig messen wir 3 cm Hebung pro Jahr. (Darstellung: Jan Anderssohn, GFZ)

Vulkane sollten nun aber näher beobachtet werden? Wie sind Aktivitätsveränderungen und gewonnene Messdaten zu interpretieren? Und wie hoch ist das Risiko für die Bevölkerung? Dies sind einige der Fragen, an deren Antworten Wissenschaftler des Deutschen GeoForschungsZentrums GFZ arbeiten. Global betrachtet sind in den vergangenen 250 Jahren insgesamt etwa eine viertel Million Menschen Vulkaneruptionen zum Opfer gefallen. Zum Vergleich: Ähnliche Verlustzahlen werden einzelnen Erdbebenereignissen und deren Folgen zugeschrieben, zum Beispiel dem großen Sumatra-Beben, dem Auslöser des verheerenden Tsunamis im Jahre 2004. Verglichen mit Dürren oder Überschwemmungen scheinen die Risiken von Vulkaneruptionen gering zu sein. Vulkane können jedoch globale Auswirkungen haben, wohingegen die direkten Effekte von Erdbeben, Dürren oder Überschwemmungen eher räumlich begrenzt bleiben. Statistische Untersuchungen zeigen, dass sich in den vergangenen Jahrhunderten ungewöhnlich viele große Eruptionen in unbewohnten Gebieten ereigneten, wie beispielsweise die der Vulkane Katmai (1912, Alaska) oder Bezymianny (1956, Kamchatka). Jedoch schlummern auch in sehr dicht besiedelten Regionen gewaltige Vulkansysteme, sogenannte Kalderen. Beispiele sind hier die Kalderen von Campi Flegrei (Italien), Rabaul (Papua-Neuguinea) oder Long Valley und Yellowstone (USA). Anfang der 1980er Jahre wurden gleich an mehreren dieser Kalderen deutliche Hebungen und Erdbebenschwärme gemessen, was beispielsweise im Falle Campi Flegrei zur Evakuierung von etwa 40 000 Einwohnern der Stadt Pozzuoli und Teilberei-

Aufbau einer seismischen Station in den chilenischen Anden, im Hintergrund hydrothermal alterierte Tuffablagerungen (Foto: Thomas Walter, GFZ)

chen Neapels führte. Schätzungen gehen davon aus, dass eine Eruption einen weit größeren Anteil der Millionenmetropole Neapel und sogleich eine der industriell wichtigsten Verkehrsadern Europas bedrohen würde. Wissenschaftler und Techniker des Deutschen GeoForschungsZentrums GFZ überprüfen daher Möglichkeiten, solche Aufwölbungen genau zu vermessen und deren Ursachen bereits im Vorfeld von vulkanischen Krisen zu charakterisieren.

Satellitenbeobachtungen

Neueste Methoden werden für die Überwachung von Vulkanen entwickelt und eingesetzt, um Zusammensetzungen von Gasen und Magmatiten, Veränderungen der Temperatur, Bodenbeschaffenheit und Verformungen des Vulkangebäudes zu erfassen. Dabei greifen die Themenbereiche Geologie und Physik der Erde, Geochemie und Geodäsie ineinander. Insbesondere bei der Verformungsmessung werden innovative Satellitentechnologien eingesetzt. Radarsignale, von Europäischen oder auch deutschen Satelliten gesendet, werden am Boden reflektiert und wieder am Satelliten gemessen. Das wellenförmige (elektromagnetische) Signal wird bei etwa monatlichen Überflügen wiederholt aufgezeichnet und verglichen. Kleinste Veränderungen geben Aufschluss über Beschaffenheit und Verformung des Bodens, bis in den Bereich weniger Millimeter.

Mithilfe dieser sogenannten Satelliten-Interferometrie wurden an mehreren Vulkanen Hebungen und Senkungen detektiert. GFZ-Forscher konnten mit dieser Methodik zeigen, dass sich weit mehr große Vulkansysteme aktiv verformen als bislang angenommen. Über Satellit wurden in den Anden beispielsweise sich aufwölbende Vulkane vermessen, mit Dimensionen von weit über 1000 km, durchaus vergleichbar mit den bekannteren Vulkanen Yellowstone oder Long Valley. Derzeit werden dieselben Methoden auch in Gebieten mit höherer Bevölkerungsdichte eingesetzt, wie in der Campi Flegrei-Kaldera bei Neapel, wo episodisch auftretende Hebungen und Senkungen analysiert werden. Über die Art und Geometrie der Verformung und vergleichende Analysen des Schwerefeldes oder der Gaszusammensetzung lassen sich am Computer exakte Aussagen zu Volumenveränderungen und Magmenansammlungen in der Tiefe errechnen. Im Falle der Campi Flegrei-Kaldera weiß man jetzt, dass die Verformung ihre Ursache in etwa 3 km Tiefe hat, allerdings wird sie nicht durch aufsteigendes Magma, sondern durch heiße Gase und sogenannte hydrothermische Aktivität verursacht. Die neuesten Daten zeigen, dass die Ursachen der Verformung nicht immer unmittelbar mit Magmenbewegungen verbunden sind. Nun erst, etwa 220 Jahre nach James Hutton, beginnen wir dieses Atmen der Vulkane und die damit verbundenen Gefahren zu verstehen, in der Hoffnung künftigen Eruptionen einen kleinen, aber wichtigen Schritt voraus zu sein.

HELMHOLTZ GEMEINSCHAFT