

Lassen sich vulkanische Risiken und eventuelle Katastrophen managen?

Oliver Jorzik (Earth System Knowledge Platform | ESKP)

Bei der Beobachtung von Vulkanen und der Einschätzung von Risiken hat die Wissenschaft in den vergangenen Jahrzehnten große Fortschritte gemacht. Aber greifen diese Erkenntnisse auch, wenn es um vulkanische Großereignisse geht wie zum Beispiel Supereruptionen? Der britische Vulkanologe Clive Oppenheimer hat sich in seinem Standardwerk „Eruptions that Shook the World“ dieser Frage gewidmet.

- Vulkanausbrüche verschiedenster Art können erhebliche Auswirkungen nach sich ziehen.
- Diese müssen keineswegs lokal oder regional begrenzt sein, sondern können globale Maßstäbe annehmen.
- Es ist wichtig, entsprechende Szenarien durchzuplanen, um vorbereitet zu sein.

Jede Naturkatastrophe – große Überschwemmungen, schwere Stürme oder starke Erdbeben – zeigt sehr schnell die Grenzen menschlichen Handelns auf, wenn es darum geht, Leben zu schützen. Gerade ärmere Staaten und Regionen sind hier besonders gefährdet, ist doch die vorhandene Infrastruktur oftmals nicht ausreichend, um schnelle Evakuierungs- und Rettungsaktionen zu starten oder Verletzte angemessen zu versorgen.

Mit der Analyse historischer Naturkatastrophen lassen sich Szenarien potentieller zukünftiger Ereignisse abschätzen. Die Analyse ermöglicht auch das Ableiten der Schwere und Intensität dieser Ereignisse. Darauf aufbauend lassen sich Wahrscheinlichkeiten für deren Eintritt berechnen, Gefahren einschätzen und Auswirkungen auf weitere Umweltsysteme wie das Klima untersuchen. Im Idealfall lassen sich vorausschauende Maßnahmen planen, um sich auf derartige schwere Ereignisse vorzubereiten. Dies gilt auch für Vulkanereignisse.

Schätzungen zufolge leben rund 10 Prozent der Weltbevölkerung in einer Entfernung von 100

Kilometern zu aktiven oder ruhenden Vulkanen. Die Gefahren, die von Vulkanausbrüchen ausgehen können, sind daher vielfältig. Sie reichen vom Verlust menschlichen Lebens, bis hin zu materiellen Verlusten und schweren Schäden an Infrastrukturen. Je nach Schwere können Vulkanausbrüche globale Auswirkungen auf das Klima und die Landwirtschaft haben. Das öffentliche Leben kann in den betroffenen Regionen weitgehend zum Erliegen kommen, wenn Strom-, Gas- und Wasserversorgung beeinträchtigt oder Verkehrs- und Straßensysteme beschädigt sind. Aber auch die Wirtschaft in Regionen, die weiter entfernt vom Ausbruchsort liegt, kann stark leiden, wenn Lieferketten plötzlich unterbrochen sind und der Luftverkehr zum Stillstand kommt.

Drei Basisszenarien für schwere Vulkanereignisse

Der britische Vulkanologe Clive Oppenheimer hat in seinem Standardwerk zu Vulkanen „Eruptions that Shook the World“ drei mögliche Szenarien für Vulkanausbrüche entworfen, die mit massiven Auswirkungen auf Menschen verbunden sind (Oppenheimer, 2011). Diese drei

Szenarien verknüpft Oppenheimer mit den daraus resultierenden Gefahren und Risiken. Er nennt als Szenarien:

- **Plinianische Eruptionen:** Dabei handelt es sich um besonders starke explosive Ausbrüche, die dann sehr gefährlich sein können, wenn sie sich in der Nähe von großen Städten ereignen. Historisch kann man die Folgen einer Plinianischen Eruption am Beispiel des Untergangs der römischen Städte Pompeji und Herculaneum erkunden.
- **Große Lava-Eruptionen:** Dies sind Eruptionen, die mit enormen Gas- und Partikelaustritten verbunden sind, denen eine großräumige Verschmutzungskrise folgen kann. Ein historisches Beispiel hierfür ist der Ausbruch der isländischen Laki-Krater in den Jahren 1783 und 1784. In der Folge dieses Großereignisses in den 130 Einzelkratern des isländischen Kraterfeldes kam es zu einer Verdunkelung der Erdatmosphäre, die zu einem sogenannten vulkanischen Winter und Missernten in vielen Regionen führte. Gaswolken mit einem hohen Anteil an giftigem Fluor führten in Island zu einer Hungersnot, durch die Schätzungen nach 20 Prozent der Bevölkerung ums Leben kam.
- **Supereruptionen,** wie der Ausbruch des Vulkans Toba auf der Insel Sumatra vor 75.000 Jahren können weltweit große Auswirkungen haben. Sie können aber auch schwerwiegende globale Folgen für Klima, Landwirtschaft, Kommunikations- und Transportsysteme nach sich ziehen.

Plinianische Eruptionen

Oppenheimer führt die drei von ihm beschriebenen Basisszenarien weiter aus. So beurteilt er die Gefährlichkeit Plinianischer Eruptionen vor dem Hintergrund einer wachsenden Weltbevölkerung. Aktuell lebt mehr als die Hälfte der Menschheit in Städten und jeder fünfte Erdbürger in einer Millionenmetropole. Der Zuzug vom Land in diese immer größer werdenden urbanen Gebiete hält weiter an. Wissenschaftler sprechen vor diesem Hintergrund auch von einem „Umzug der Menschheit“. Viele dieser boomenden Städte

liegen nicht nur in aktiven Vulkanregionen wie rund um den Pazifischen Feuerring. Oftmals handelt es sich auch um Küstenstädte, die durch ein Tsunami-Ereignis aufgrund großer tektonischer Plattenverschiebungen am Meeresboden besonders gefährdet sind.

Die Anfälligkeit dieser Metropolen für Vulkan Gefahren ist nicht nur das Ergebnis einer hohen Bevölkerungsdichte, sondern resultiert auch aus der Komplexität der dort versammelten Infrastrukturen, zum Beispiel Wasser-, Gas-, Strom- oder Kommunikationsleitungen. Von einem Zusammenbruch dieser Infrastrukturen könnten auf einen Schlag hunderttausende Menschen betroffen sein.

Mindestens 12 Millionenstädte liegen in unmittelbarer Nähe zu Vulkanen, bei denen es zu einer Plinianischen Eruption kommen könnte. Dazu zählen Mexico City, Jakarta, Manila oder die größte Stadt der Welt, Tokyo. Eine Plinianische Eruption hier wäre wahrscheinlich nicht nur mit einer riesigen Aschewolke verbunden, die sich je nach Windrichtung über weite Gebiete der Stadt legen könnte.

Die Auswertung historischer Vulkanausbrüche zeigt, dass diese Eruptionsart häufig auch mit schweren Erdbeben verbunden ist, die im Falle Tokyos zu gravierenden Schäden an Gebäuden führen könnten. Weiterhin hätte ein derartiges Ereignis erhebliche Auswirkungen auf den Flug- oder Schiffsverkehr. In unmittelbarer Nähe zum Ausbruchsherd könnten wie in Pompeji pyroklastische Ströme, Schlammlawinen und Lavaströme die dort befindlichen Ansiedlungen erheblich gefährden. So zeigt die Auswertung des schweren Vesuv-Ausbruchs im Jahr 1631, dass damals ein Gebiet von 200 km² durch die Auswürfe des Vulkans betroffen gewesen ist.

Große Lava-Eruptionen

Die unmittelbaren Auswirkungen einer von Vulkanen verursachten Verschmutzungskrise durch ausströmende Gase und Partikel wurde im großen Maßstab zum letzten Mal beim Ausbruch des isländischen Vulkans Eyjafjallajökull

im April 2010 sichtbar. Als Folge des hohen Partikelaustrittes kam es zu einem mehrtägigen Flugverbot über Europa und damit auch zu einem großen wirtschaftlichen Schaden durch den Ausfall von mehr als 100.000 Flügen. Zum Hintergrund: Die besondere Wetterlage zu diesem Zeitpunkt führte dazu, dass die Vulkanasche innerhalb von wenigen Tagen über die Nordsee und Nordwesteuropa ostwärts bis nach Zentralrussland und südwärts bis nach Spanien und Portugal transportiert wurde (Elbern 2014).

Nach Ansicht Oppenheimers wurde bei diesem Ausbruchereignis ein großes Problem sichtbar: Demnach war das notwendige Zusammenspiel der betroffenen Bereiche Geologie, Meteorologie, Atmosphärenforschung, Flugtechnik und Flugwirtschaft bei der zeitnahen Bewertung des Ausmaßes und seiner möglichen Folgen nicht optimal. Als Folge hatte die Politik Schwierigkeiten, die notwendigen Entscheidungen auf einer gesicherten Analyse-Basis zu treffen.

Eine über mehrere Monate andauernde große Lava-Eruption wie die des Laki-Kraterfeldes Ende des 18. Jahrhunderts hätte allein wegen der Dauer heute weitaus gravierendere Folgen für den transatlantischen Flugverkehr als beim Eyjafjallajökull-Ausbruch. Viele der notwendigen Transportbewegungen müssten dann wegen des andauernden Flugverbots wieder auf traditionellen Schiffswegen stattfinden, sofern die vorhandenen Kapazitäten überhaupt ausreichen. Darüber hinaus kann es bei diesen länger andauernden großen Lava-Eruptionen zu weiteren Negativfolgen kommen: Dazu zählen Atemwegs- und Herz-Kreislaufkrankungen durch Schwefeldioxid-Emissionen und die enorme Freisetzung von Aerosolen, die Verschmutzung von wertvollem Grünland, die Versauerung von Böden sowie Fluor in Wasser und Pflanzen als Auslöser für Hungersnot.

VEI-8-Eruptionen

Supereruptionen zählen mit einem Vulkanexplosivitätsindex-Wert 8 (VEI-8) zu den denkbar größten geologischen Gefahren. Zwar liegen die letzten Supereruptionen lange Zeit zurück. Dazu

zählten beispielsweise der Ausbruch des neuseeländischen Vulkans Taupo vor 26.500 Jahren, der Ausbruch des Toba-Vulkans auf Sumatra von rund 73.000 Jahren oder der Ausbruch des Yellowstone vor rund 650.000 Jahren. Aber all diese Vulkane könnten durchaus mögliche Kandidaten für einen erneuten Superausbruch sein.

Supervulkane zeichnen sich durch eine besonders große Magmakammer aus, die sich unter besonderen Druck- und Dichtverhältnissen explosionsartig leert und einen großen Krater hinterlässt, die sogenannte Caldera. Zwar lassen sich die exakten Folgen beim Ausbruch eines Supervulkans nicht vorhersagen, aber wissenschaftliche Analysen vergangener Ereignisse geben Hinweise darauf, womit auch heute zu rechnen sein könnte: einer dicken Staubschicht, die ein Areal von mehreren hundert Kilometer im Durchmesser bedecken kann; pyroklastischem Material, das in hunderten Kilometern Entfernung auf Menschen und Siedlungen niedergehen könnte und vermutlich vielerorts zu schweren Bränden führen würde; riesige Aschewolken, die den ganzen Globus umfassen können; Zusammenbruch der Energieversorgung, Telekommunikation und vieler Transportwege; dem Zusammenbruch der Landwirtschaft in den von Asche bedeckten Gebieten und der Kontaminierung von Süßwasserreservoirs; dem Zusammenbruch der medizinischen Versorgung; der Ausbreitung von Epidemien; einer langanhaltenden Abkühlung des Klimas mit negativen Auswirkungen auf die Landwirtschaft auch in entfernteren Regionen und damit verbunden einer globalen Ernährungs- und Trinkwasserkrise, die vielen Menschen das Leben kosten kann.

Kommt die Wissenschaft an ihre Grenzen?

Die möglichen Folgen dieser vulkanischen Extremereignisse sind also gravierend. Lassen sich vor diesem Hintergrund Hebel finden, um sich vor diesen enormen Risiken bestmöglich zu schützen? Viele Analysen beziehen sich auf Vulkanereignisse, die sich auf dem Vulkangefährdungsindex im Bereich 5 oder 6 befinden. Aber würden diese Analysen auch bei größeren

Ereignissen greifen, aus denen ganz andere Gefährdungslagen erwachsen?

Aus vergangenen wissenschaftlichen Untersuchungen zu Naturgefahren ist bekannt, dass gerade bei der Vulnerabilität, also der Verletzungsanfälligkeit, arme Bevölkerungsgruppen und arme Regionen besonders betroffen sind. Zum Beispiel wären bei einem schweren Ascheregen besonders Häuser betroffen, die über unzureichende Dachkonstruktionen verfügen. Ärmere Regionen müssten also bei der Beschreibung von Worst-Case-Szenarien besonders in den Blick genommen werden, da hier die Auswirkungen am größten sind.

Der Vulkanologe Clive Oppenheimer empfiehlt, bei der Risiko-Analyse die Expertise aus unterschiedlichen Disziplinen zusammenzubringen, um auf Basis wissenschaftlicher und evidenzbasierter Erkenntnisse zu handeln. Die Bandbreite reicht dabei von der Erarbeitung aussagekräftiger Modelle und Szenarien, über Vulkanmonitoring, Meteorologie bis hin zur Tephra-Chronologie.

Dabei kommt aber auch die Wissenschaft an Grenzen. So treten bei der Modellierung von extremen Vulkanereignissen regelmäßig wiederkehrende Probleme auf wie etwa bei der Berechnung der Ausbruchswahrscheinlichkeit. Ein Grund dafür liegt in der Seltenheit dieser schweren Vulkan-Ereignisse. Auch bei der Prognose der klimatischen Auswirkungen gibt es große Unsicherheiten, da valide Daten für Modellierungen erst dann zur Verfügung stehen, wenn es zu spät ist und das Ereignis bereits eingetreten ist.

Bei der Ereignisfolge gibt es für diese vulkanischen Extremereignisse ebenfalls große Unsicherheiten. Wann ist der Vulkanausbruch wirklich vorbei? Können Menschen in Ihre Wohnorte zurückkehren oder ist noch mit weiteren Ausbrüchen zu rechnen? In der Vergangenheit kam es bei Vulkanausbrüchen, die im Verhältnis zu einer Supereruption deutlich kleiner sind, bereits zu folgenreichen Fehleinschätzungen, die Menschenleben gekostet haben. Ein Beispiel hier ist der Ausbruch des Vulkans El Chichón in

Mexiko im Jahr 1982. Hier hatte das Militär Dörfer rund um den Vulkan evakuiert. Nach den ersten beiden Tagen, als der Vulkanausbruch scheinbar vorbei und die Situation sicher war, wurde den Bewohnern die Rückkehr in die Dörfer erlaubt. Dann kam es jedoch zu einer weiteren heftigen Eruption. Eine große Anzahl an Menschen – Schätzungen gehen von 1.700 bis 2.300 aus – starb durch pyroklastische Ströme.

Und auch wenn die Datenlage gut ist, ist es wahrscheinlich, dass die bisherigen Warnzeichen für bevorstehende Vulkanausbrüche wie Gasemissionen oder Erdbeben bei diesen sehr schweren Ereignissen anders verlaufen und die Vorwarnzeichen viel kürzer sind. Gleichzeitig müssen folgenreiche Schritte wie großflächige Evakuierungen gut bedacht sein. Kommt es hier zu häufig zu Fehlalarmen, werden Alarmzeichen von der Bevölkerung schnell nicht mehr ernst genommen.

Komplexe Handlungs- und Entscheidungsprozesse

Anhand von Szenarien zu den vulkanischen Extremereignissen können aber Notfall- und Evakuierungspläne für Politik, Behörden, Militär, Zivilschutz oder Krankenhäuser erarbeitet werden. Hier hat es große Fortschritte in der Kommunikation zwischen Wissenschaft und Entscheidungsträgern gegeben. Damit Evakuierungen erfolgreich verlaufen, braucht man jedoch entsprechende Vorwarnzeiten. Und das ist ein Dilemma, zum Beispiel wenn es zu einer Plinianischen Eruption kommt. Denn nicht immer stehen eine oder sogar mehrere Wochen zur Verfügung, um die Bevölkerung einer Millionenmetropole zu evakuieren. Hier können auch gut ausgearbeitete Notfallpläne und gut ausgebildete Katastrophenhelfer schnell mit Dimensionen konfrontiert sein, die mit der Evakuierung eines Dorfes oder einer Kleinstadt nicht mehr zu vergleichen sind. Da es sich bei Vulkanausbrüchen um hochdynamische Ereignisse handelt, müssen auch Notfallpläne diese Dynamik abbilden und flexibel gegenüber sich verändernden Situationen sein.

Für ein wirksames Risikomanagement braucht es zudem eine gute Koordination und klare Verantwortlichkeiten. Doch wie kann das funktionieren, wenn ein Supervulkan eine globale Krise auslöst. Wer hat das Mandat, eine globale Gefährdungssituation auszurufen? An wen soll zum Beispiel die Wissenschaft ihre Modelle und Empfehlungen adressieren, wenn der Rahmen von Nationalstaaten überschritten wird? Sind es die Vereinten Nationen oder eher das UNHCR, das Flüchtlingshilfswerk der Vereinten Nationen? Wer ist umgekehrt Ansprechpartner auf der Forschungsebene für die politischen Institutionen? Hier gibt es ebenfalls eine Fülle an nationalen wie internationalen Akteuren. Politische Entscheidungsträger vor Ort brauchen hier klar identifizierbare Ansprechpartner, die ihnen geeignete Handlungsempfehlungen auf Basis wissenschaftlicher Erkenntnisse geben können.

Die Herausforderungen sind groß und man könnte beinahe resignieren, angesichts der beschriebenen Szenarien. Viele Menschen neigen

dazu, sie in das Reich der Science-Fiction zu verbannen. Sie sehen sie als Ereignisse, die im Reich der Zukunft angesiedelt sind und die wir als Menschen im Hier und Jetzt sowieso nicht erleben. Auch dies ist ein grundsätzliches Problem im Umgang mit dem Thema.

Oppenheimer bleibt jedoch trotz dieser vielen Herausforderungen ein Optimist. So sagt er gegen Ende seines Buches: „Vulkanische Katastrophenrisiken sollten nicht auf Wahrscheinlichkeitsberechnungen reduziert werden, wann ein Ereignis eintritt oder welche möglichen Verluste damit verbunden sind. Natürlich sollte intensiv an besseren Vorhersagen gearbeitet werden. Aber man sollte die Perspektiven, die sich daraus ergeben, weder ignorieren noch ausschließlich mit Furcht betrachten. Schließlich zeigt die Geschichte der Menschheit, dass wir die Fähigkeit haben, vulkanischen Bedrohungen mit Entschlossenheit, Flexibilität und Kreativität zu begegnen“ (Oppenheimer, 2011, S. 354).

Referenzen

- Elbern, H. (2014, 14. Mai). Ausbreitung der Vulkanasche nach Eyjafjallajökull-Ausbruch. *Earth System Knowledge Platform* [www.eskp.de], 1. Aufgerufen am 03.03.2020.
- Oppenheimer, C. (2011). *Eruptions that Shook the World*. Cambridge: Cambridge University Press. doi:10.1017/CBO9780511978012

Impressum

Herausgeber

Helmholtz-Zentrum Potsdam
Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ
Telegrafenberg
14473 Potsdam

Redaktion

PD Dr. Dierk Spreen
Jana Kandarr
Oliver Jorzik

Layout

Pia Klinghammer

E-Mail: redaktion-eskp@gfz-potsdam.de

Alle Artikel sind auch im Internet abrufbar:

<https://themenspezial.eskp.de/vulkanismus-und-gesellschaft/inhalt-937231/>

Stand: September 2020

Heft-DOI: doi.org/10.2312/eskp.2020.2

ISBN: 978-3-9816597-3-3

Zitervorschlag:

Jorzik, O., Kandarr, J., Klinghammer, P. & Spreen, D. (Hrsg.). (2020). *ESKP-Themenspezial Vulkanismus und Gesellschaft. Zwischen Risiko, Vorsorge und Faszination*. Potsdam: Helmholtz-Zentrum Potsdam – Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ. doi:10.2312/eskp.2020.2

Einzelartikel:

[Autor*innen]. (2020). [Beitragstitel]. In O. Jorzik, J. Kandarr, P. Klinghammer & D. Spreen (Hrsg.), *ESKP-Themenspezial Vulkanismus und Gesellschaft. Zwischen Risiko, Vorsorge und Faszination* ([Seitenzahlen]). Potsdam: Helmholtz-Zentrum Potsdam Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ. doi:[DOI-Nr.]

Die Verantwortung für die Inhalte der Einzelbeiträge der vorliegenden Publikation liegt bei den jeweiligen Autorinnen und Autoren.

Empfehlungen zum Verhalten an aktiven Vulkanen, Vulkaninfos für Reisende usw. sind nach bestem Wissen entwickelt worden. Dennoch können das GFZ sowie andere beteiligte Zentren oder Institutionen nicht verantwortlich gemacht werden und keinerlei Haftung für Schäden übernehmen, die durch die Beachtung dieser Hinweise entstehen. Das Gleiche gilt für die zu dieser Publikation beitragenden Autorinnen und Autoren oder in dieser Publikation zitierte Personen.



Text, Fotos und Grafiken soweit nicht andere Lizenzen betroffen:
eskp.de | [CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)