



Klaus Susebach
Hessische Landesfeuerwehrschule

Vulkanismus – Ein Thema für den Katastrophenschutz in Deutschland?

Facharbeit gemäß § 21 VAP2.2-Feu NRW

Aufgabenstellung

Vor 13.000 Jahren brach mit dem Laacher-See-Vulkan in der Eifel das letzte Mal ein Vulkan auf dem Gebiet der Bundesrepublik aus. Zuletzt hatte der Ausbruch des Eyjafjallajökull auf Island im Jahre 2010 gravierende Auswirkungen auf der gesamten nördlichen Hemisphäre. Inwieweit sehen Sie Deutschland von den Gefahren durch Vulkanismus betroffen? Stellen Sie Ihre Ansichten der Situation in anderen europäischen Ländern (z. B. Island, Italien, Griechenland) vergleichend gegenüber. Welche Konsequenzen für den Katastrophenschutz in Deutschland ziehen Sie daraus?

Kurzfassung

Dass Deutschland die Wirkung eines Vulkanausbruchs in über 2.000 km Entfernung zu spüren bekommen kann, war vor zehn Jahren eine völlig neue Erfahrung. Der Ausbruch des Eyjafjallajökull auf Island im Jahr 2010 hat verdeutlicht, dass die Folgen eines Vulkanausbruchs nicht an Landesgrenzen enden.

Global betrachtet sind etwa 1.500 Vulkane als potentiell aktiv zu definieren. Einige hiervon vermögen so große Vulkanausbrüche zu erzeugen, dass damit nicht nur regionale, sondern globale Schäden verursacht werden können, also auch in Mitteleuropa. Jedes Jahr kommt es weltweit zu 60 bis 70 Vulkanausbrüchen.

Die Vulnerabilität unserer vernetzten und globalisierten Gesellschaft ist mittlerweile immens. Es gibt aus diesem Grund eindringliche Appelle von Experten, dass eine wohl durchdachte Vorbereitung unserer Gesellschaft auf die Folgen eines großen Vulkanausbruchs dringend notwendig ist.

Aktuelle Untersuchungen von deutschen Vulkanologen aus dem Jahr 2019 belegen, dass es unter der Eifel magmatische Aktivitäten gibt. Dies korreliert mit Untersuchungen amerikanischer Wissenschaftler die festgestellt haben, dass sich die Eifel-Region aufgrund vulkanischer Aktivitäten um 1 mm pro Jahr anhebt.

In dieser Arbeit werden die möglichen Auswirkungen großer Vulkanausbrüche außerhalb Deutschlands anhand historischer Ereignisse aufgeführt. Auch das momentane Risiko bzw. die Wahrscheinlichkeit für einen bevorstehenden Ausbruch auf deutschem Boden wird aufgrund aktueller wissenschaftlicher Aussagen beleuchtet. In relativer Nähe zu Deutschland gibt es mit Griechenland, Island und Italien Länder, die aufgrund ihrer geografischen Lage ständig den Gefahren durch Vulkanismus und Erdbeben ausgesetzt sind. Es wird dargelegt, mit welchen staatlichen Maßnahmen und organisatorischen Strukturen der Gefahrenabwehr auf diese präsente Gefahr reagiert wird.

In Deutschland liegt die Verantwortung für die Gefahrenabwehr bzw. den Katastrophenschutz auf Grundlage der jeweiligen Gesetze in der Verantwortung der Bundesländer. Dementsprechend stellen Katastrophen, die (bundes-) länderübergreifend sind, besondere Anforderungen an die Vorbereitung und Koordination der Gefahrenabwehrmaßnahmen.

Gemäß § 18 ZSKG erstellt der Bund im Zusammenwirken mit den Ländern eine bundesweite Risikoanalyse für den Zivilschutz. Risikoanalysen im Bevölkerungsschutz auf Bundesebene dienen der vorsorglichen und strukturierten Beschäftigung mit möglichen bundesrelevanten Gefahren und den bei ihrem Eintritt zu erwartenden Auswirkungen auf die Bevölkerung, ihre Lebensgrundlagen und die öffentliche Sicherheit und Ordnung in Deutschland. Ihre Ergebnisse sollen als Informations- und Entscheidungsgrundlage dienen und somit eine verbesserte, risiko- und bedarfsorientierte Vorsorge- und Abwehrplanung im Zivil- und Katastrophenschutz ermöglichen. Zu den acht bislang durchgeführten Risikoanalysen zählen „Pandemie durch Virus ModisARS (2012)“ und „Erdbeben (2020)“.

Als ein Ergebnis dieser Arbeit wird empfohlen, eine bundesweite Risikoanalyse „Vulkanismus“ durchzuführen.

Inhalt

Abbildungsverzeichnis.....	V
1 Einleitung	1
2 Einführung Vulkanismus.....	3
2.1 Plattentektonik und Vulkanismus	4
2.2 Vulkanarten.....	6
2.3 Auslöser für einen Vulkanausbruch	6
2.4 Klassifizierung von Vulkanausbrüchen	7
2.5 Gefahren durch Vulkanausbrüche	7
2.6 Historische Ausbrüche und ihre Folgen	9
2.7 Vorhersage von Vulkanausbrüchen	10
3 Aktuelle Vulkangefahren	11
3.1 Globale Betrachtung	11
3.2 Griechenland	11
3.3 Island	13
3.4 Italien	15
3.5 Vulkangebiete in Deutschland	18
3.5.1 Vogtland	18
3.5.2 Eifel.....	18
4 Katastrophenschutz in Deutschland.....	20
4.1 Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe	20
4.2 Risiko- und Krisenmanagement.....	20
5 Konsequenzen für den Katastrophenschutz in Deutschland	22
6 Zusammenfassung und Ausblick.....	23
Literaturverzeichnis	24
Abkürzungsverzeichnis	29
Anhang	30
A Vulkanarten.....	31
B Gefahrenkarte Santorini.....	32
C Vulkangefahrenkarte Island	33
D Grafik DLF-Erdbeben Eifel.....	34
Eidesstattliche Erklärung	35
Datenträger	36

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Hauptplatten mit bekannten aktiven und ruhenden Vulkanen	3
Quelle: <i>Schmincke</i> (2013) S. 15	
Abbildung 2: Plattentektonisches Schema	4
Quelle: <i>Schmincke</i> (2014) S. 12	
Abbildung 3: Vulkangebiete in Mitteleuropa	5
Quelle: <i>Schmincke</i> (2013) S. 88	
Abbildung 4: Vulkanexplosivitätsindex VEI	7
Quelle: ESKP; 935415; abgerufen am 15.10.2020	
Abbildung 5: Eruptionsprodukte und ihre Auswirkungen	8
Quelle: ESKP; 935629; abgerufen am 15.10.2020	
Abbildung 6: wichtige Vulkane Islands und wesentliche Ausbrüche von 1900 bis 2014	14
Quelle: ESKP; 935629; abgerufen am 15.10.2020	
Abbildung 7: Vulkane in Italien	15
Quelle: http://www.protezionecivile.gov.it/en_GB/risk-activities/volcanic-risk/italian-volcanoes ; abgerufen am 17.11.2020	
Abbildung 8: Blockbild des Rheinischen Schildes	18
Quelle: <i>Schmincke</i> (2014) S. 17	
Abbildung 9: Risiko- und Krisenmanagement	21
Quelle: https://www.bbk.bund.de/DE/AufgabenundAusstattung/Risikomanagement/risikomanagement_node.html ; abgerufen am 20.11.2020	

1 Einleitung

Global betrachtet sind etwa 1.500 Vulkane als potentiell aktiv zu definieren. Einige hiervon vermögen Vulkanausbrüche mit der Magnitude 5 (gemessen als Vulkanexplosivitätsindex VEI, siehe 2.4) oder größer zu erzeugen und damit nicht nur regionale, sondern globale Schäden zu verursachen, also auch in Mitteleuropa. Jedes Jahr kommt es weltweit zu 60 bis 70 Vulkanausbrüchen.¹

Dass Deutschland die Wirkung eines Vulkanausbruchs in über 2.000 km Entfernung zu spüren bekommen kann, war vor zehn Jahren eine völlig neue Erfahrung. Der Ausbruch des Eyjafjallajökull auf Island im Jahr 2010 hat verdeutlicht, dass die Folgen eines Vulkanausbruchs nicht an Landesgrenzen enden. Dieser, mit einem VEI zwischen 3 und 4 vergleichsweise unbedeutende Vulkanausbruch, legte aufgrund des Ascheauswurfs den europäischen Luftverkehr für einige Tage lahm und verursachte laut Oxford Economics wirtschaftliche Schäden in Höhe von fünf Milliarden Euro.²

Ein größerer Ausbruch hätte auch in Deutschland mit weiterreichenden Auswirkungen auf kritische Infrastrukturen oder mit direkten Gefährdungen für Menschen durch Vulkanaschen oder giftigen Vulkangasen einhergehen können. Dieses Ereignis hat gezeigt, dass unsere hoch technisierte moderne Gesellschaft auch gegen vermeintlich kleine oder unwahrscheinliche Naturereignisse extrem verwundbar geworden ist.

Auch in Deutschland gibt es mit der Eifel und dem Vogtland noch Gebiete mit vulkanischen Aktivitäten. Die Eruption des Laacher-See-Vulkans in der Eifel vor etwa 12.900 Jahren war die gewaltigste spätquartäre Vulkanexplosion in Mitteleuropa. Das eruptierte Gesamtvolumen war größer als das des bekannten Ausbruchs des Vesuvs im Jahr 79 n. Chr., der den Untergang Pompejis besiegelte. Der letzte Ausbruch in Deutschland war die Eruption des Ulmener Maars vor etwa 11.000 Jahren.³ Da die Eruptionsgeschichte von Vulkanen lange Pausen zeigen kann, sind Geologen sich einig, dass die Vulkane der Eifel noch aktiv sind.⁴

Aktuelle Untersuchungen von deutschen Vulkanologen aus dem Jahr 2019 belegen jetzt, dass es unter der Eifel magmatische Aktivitäten gibt.⁵ Dies korreliert mit Untersuchungen amerikanischer Wissenschaftler die festgestellt haben, dass sich die Eifel-Region aufgrund vulkanischer Aktivitäten um 1 mm pro Jahr anhebt.⁶ Die Veröffentlichung der deutschen Studie im Jahr 2019 hat zu größerem medialen Interesse und somit zu besonderer Aufmerksamkeit in der deutschen Bevölkerung geführt. So gab es am 16.03.2020 im SWR die Sendung „Planet Wissen“ mit dem Thema „Vulkane – Eine Gefahr in Deutschland?“. Im Rahmen dieser Sendung wurden die Auswirkungen eines erneuten Ausbruchs des Laacher-See-Vulkans in einer fiktiven Fernseh-Berichterstattung dargestellt.⁷

¹ vgl. Becker, P. und Hüttl, R. (2014)

² vgl. Walter, T. (2018)

³ vgl. Schmincke H.-U. (2013) S. 171 ff

⁴ vgl. Becker, P. und Hüttl, R. (2014)

⁵ vgl. Hensch, M. et al. (2019)

⁶ vgl. Kreemer, C. et al. (2020)

⁷ SWR; Vulkane - Eine Gefahr in Deutschland?

Ein erneuter Ausbruch des Laacher-See-Vulkans analog zu dem Szenario vor 12.900 Jahren, hätte aus heutiger Sicht kaum vorstellbare Auswirkungen. Die Stadt Koblenz würde unter einer 150 cm dicken Ascheschicht versinken, der Rhein durch einen Damm aus Vulkanmaterial aufgestaut und der spätere Bruch des Dammes würde eine mehr als zehn Meter hohe Flutwelle im Rheintal auslösen.⁸

Besondere Aktualität erfährt das Thema Vulkanismus durch die Suche nach einem Atomendlager in Deutschland. Gemäß Standortauswahlgesetz sind Standorte, an denen quartärer Vulkanismus vorliegt oder zukünftig vulkanische Aktivität zu erwarten ist, nicht als Endlagerstandort geeignet.⁹

In dieser Arbeit werden zunächst die grundlegenden Zusammenhänge zum Vulkanismus erläutert. Mit Beispielen historischer Vulkanausbrüche werden mögliche Folgen für eine Wiederholung solcher Ereignisse veranschaulicht.

Anhand aktueller Forschungsergebnisse und wissenschaftlicher Meinungen werden Gefahren durch lokalen und überregionalen Vulkanismus für Deutschland beleuchtet. Um zu Empfehlungen für den Bereich des deutschen Katastrophenschutzes zu kommen, wird die Situation in den Ländern Island, Italien und Griechenland mit den dortigen Gefahrenabwehrmaßnahmen dargestellt.

⁸ vgl. Schmincke H.-U. (2013) S. 171 ff

⁹ vgl. § 22 Gesetz zur Suche und Auswahl eines Standortes für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle (Standortauswahlgesetz – StandAG) vom 05. Mai 2017, zuletzt geändert am 19. Juni 2020

2 Einführung Vulkanismus

Der Begriff des Vulkanismus umfasst die Gesamtheit der Vorgänge und Erscheinungen, die mit dem Austritt von Magma aus dem Erdinneren an die Erdoberfläche zusammenhängen.¹⁰

Einen Vulkan nennt man eine Stelle an der Erdoberfläche, an der geschmolzenes Gestein aus dem Erdinneren, das Magma, durch die Erdkruste nach oben transportiert wird und austritt. Dementsprechend findet ein Vulkanausbruch statt, wenn Magma an die Erdoberfläche gelangt. An den Austrittsstellen bilden sich häufig die bekannten kegelförmigen Vulkanberge. Vulkane können aber auch andere Formen wie Spalten oder Kessel bilden.

Die Lithosphäre der Erde ist die obere Schicht des Erdmantels, häufig auch Erdkruste genannt. Sie besteht aus kontinentalen und ozeanischen Platten. Diese driften auseinander, stoßen zusammen oder schieben sich aneinander vorbei (siehe Abb. 1). Diese sogenannte Plattentektonik ist der Grund für Vulkanismus und Erdbeben.

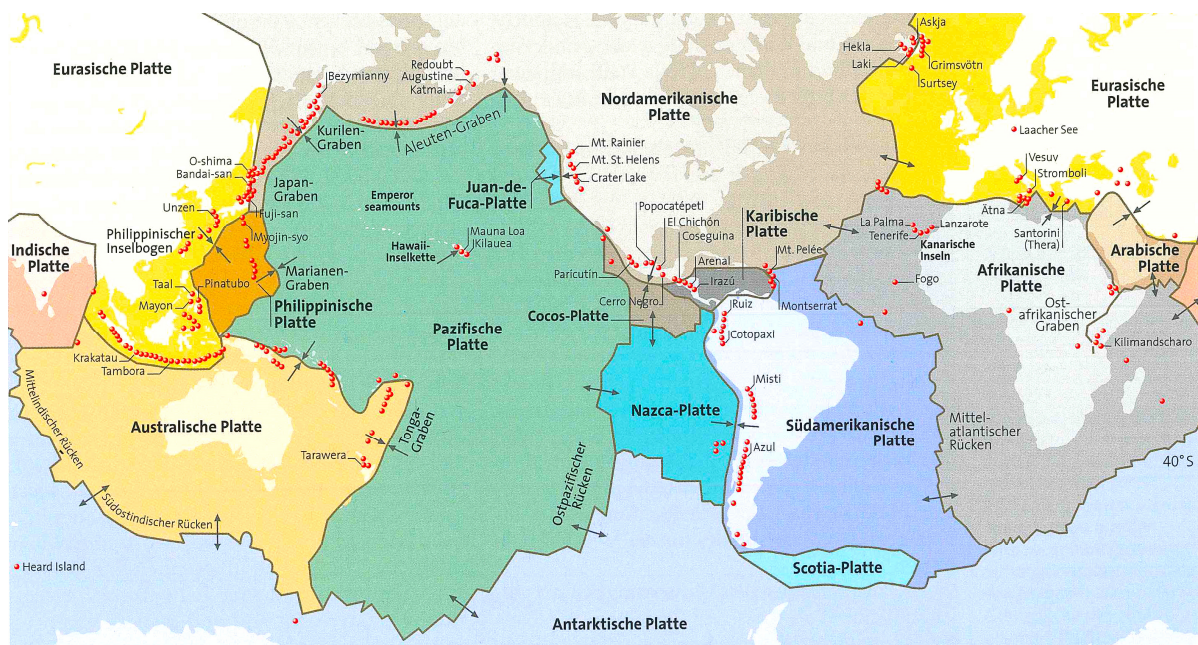


Abb. 1: Hauptplatten mit bekannten aktiven und ruhenden Vulkanen

Quelle: Schmincke (2013) S. 15

Die meisten Vulkane der Erde befinden sich entlang des Pazifischen Feuerrings. Dieser reicht von der Westküste Amerikas über Japan bis nach Indonesien und Papua-Neuguinea. Vulkane können aber auch weitab von Plattengrenzen an so genannten Heißen Flecken („Hot Spots“) liegen. Hierzu gehören beispielsweise die Inselgruppe Hawaii, die Kanaren und die Azoren.

Als potentiell aktiv betrachtet man die Vulkane, die innerhalb des Holozäns, also in den letzten 10.000 Jahren, ausgebrochen sind. Über dem Meeresspiegel liegen aktuell etwa 1.500 Vulkane. Die Zahl der untermeerischen Vulkane ist nicht genau bekannt. Wissenschaftler gehen aber davon aus, dass 60 Prozent aller vulkanischen Aktivitäten untermeerisch stattfinden. Jedes Jahr kommt es weltweit zu 60 bis 70 Vulkanausbrüchen.¹¹

¹⁰ vgl. Spektrum der Wissenschaft

¹¹ vgl. ESKP; 935252

2.1 Plattentektonik und Vulkanismus

Mittelozeanische Rücken

Mittelozeanische Rücken sind die längsten vulkanischen Gebirge der Welt. Es handelt sich um Zonen, an denen zwei tektonische Platten auseinanderdriften und eine sogenannte divergente Plattengrenze bilden. Große Mengen Magma werden aus dem Erdmantel an die sich meist unter Wasser befindliche Erdoberfläche gefördert. Hier bildet sich eine basaltische ozeanische Kruste und somit neue Lithosphäre (feste Gesteinshülle).

Das unter den Plattengrenzen aufsteigende Magma treibt die Platten auseinander. Zudem wirkt weit entfernt oft eine zweite Kraft. Wenn sich an der gegenüber liegenden Plattengrenze eine Subduktionszone anschließt, wird die Platte durch den dortigen Sog in den Erdmantel hineingezogen, weg vom Spreizungszentrum (siehe Abb. 2).

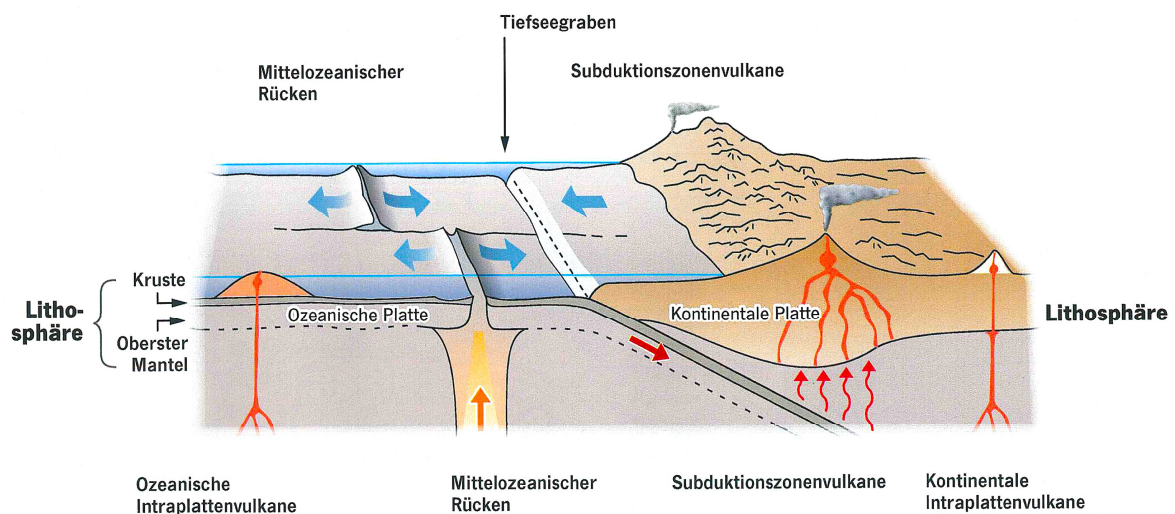


Abb. 2: Plattentektonisches Schema

Quelle: Schmincke (2014) S. 12

Subduktion

Dort, wo sich zwei Platten aufeinander zu bewegen, formen sich langgestreckte Kollisionszonen. Dort, wo eine ozeanische Platte auf eine kontinentale Platte trifft, entstehen Subduktionszonen, zum Beispiel rund um den Pazifischen Feuerring. Die ozeanische Kruste wird hier unter die kontinentale Kruste gezogen. Daran sind großräumig zwei Kräfte beteiligt: Zum einen schieben die Mittelozeanischen Rücken die ozeanische Kruste vom Spreizungszentrum weg, und somit auf eine andere Platte zu. Zugleich sinkt im Kontaktbereich der beiden Platten die ozeanische Kruste nach unten. Dies wird durch ihre höhere Dichte sowie durch die Konvektionsströme im Mantel bewirkt. Wenn die ozeanische Platte mit dem darauf liegenden und eingedrungenen Sediment und dem Meerwasser herabsinkt, wird diese aufgeheizt. Durch Mineralumwandlungen setzt sie in einer Tiefe von zirka 90 bis 120 Kilometern Fluide wie zum Beispiel Wasser frei. Wenn dieses freiwerdende Wasser aus der abtauchenden Platte in den keilförmig darüber liegenden Erdmantel gelangt, setzt es dort den Schmelzpunkt des Mantelgesteins herab. Dies führt dazu, dass der Mantel leichter schmilzt. Die dabei entstehenden Magmen steigen auf, und es entstehen langgestreckte Vulkanketten auf der kontinentalen Platte, zum Beispiel entlang der Anden oder in Neuseeland.¹²

¹² vgl. ESKP; 935407

Entstehung neuer Spreizungszentren

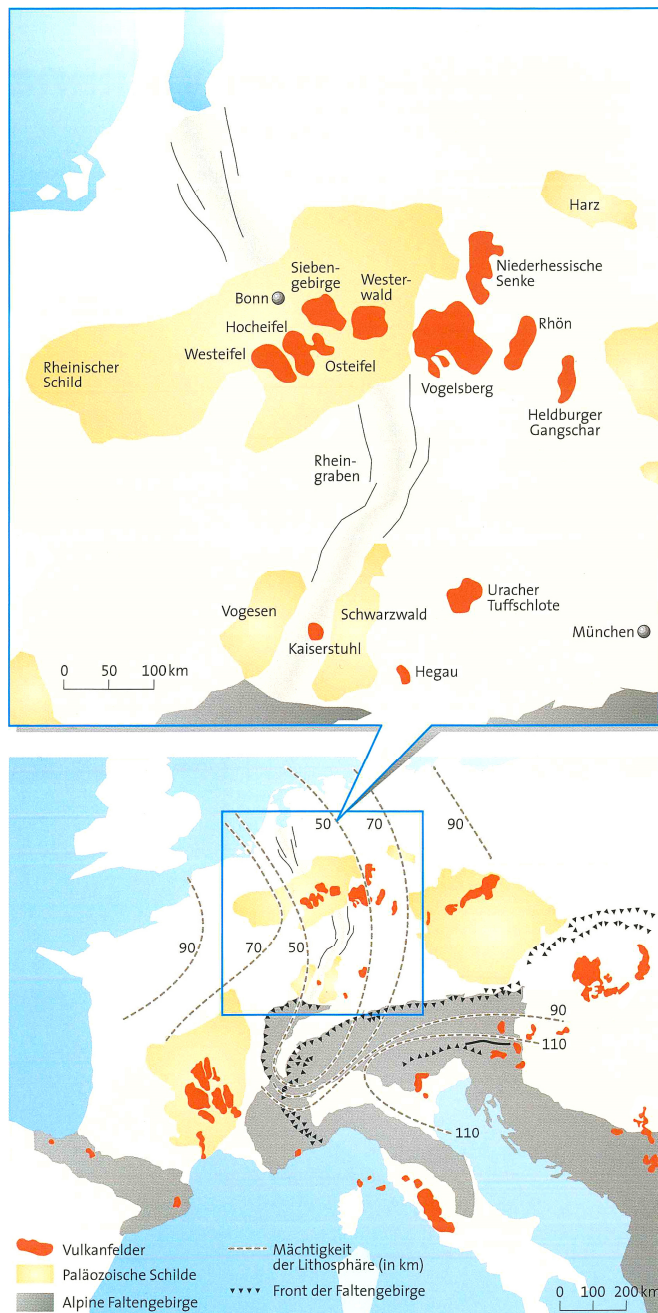


Abb. 3: Vulkangebiete in Mitteleuropa

Quelle: Schmincke (2013) S. 88

Unter großen Kontinenten kann sich heißes Magma anstauen und durch Anschmelzen die Kruste ausdünnen. Es entsteht ein Graben, so zum Beispiel das Ostafrikanische Grabenbruchsystem mit seinen vielen Vulkanen wie zum Beispiel dem Kilimandscharo. Irgendwann reißt dieser Graben auf, der Mittelteil sinkt ab, und es entsteht ein kleines Meer. So ist heute schon die Arabische Halbinsel von Afrika durch das Rote Meer getrennt.

Auch der Oberrheingraben ist Teil einer großen Grabenbruchzone, die von der Norwegischen Nordsee durch das Europäische Festland bis zum Mittelmeer reicht (siehe Abb. 3). Hier dehnt sich die Kruste und dünnt dadurch aus. Im Zuge dieser Bruchtektonik entstanden die Vulkane Kaiserstuhl, Hegau, Eifel und Europas größter Vulkan, der Vogelsberg. Auch heute noch senkt sich der Oberrheingraben um bis zu einem Millimeter pro Jahr, was immer wieder zu schwachen Erdbeben in der Region führt. Eine solche Plattendehnung ist das Initialstadium einer neuen divergenten Plattengrenze. Wenn nun weiterhin heißes, zähflüssiges Mantelmaterial aufsteigt, entsteht eine Spreizungszone.

Kontinent-Kontinent Konvergenz

Beim Aufeinandertreffen von zwei Platten mit kontinentaler Kruste entstehen hohe Gebirge. Die kontinentale Kruste ist zu leicht, als dass sie ins Erdinnere abtauchen könnte. Somit weicht sie dem enormen Druck nach oben aus. Auf diesem Wege haben sich die höchsten Gebirgsketten der Welt aufgefaltet, wie zum Beispiel die europäischen Alpen durch die Kollision von Afrika mit Europa. Allerdings laufen solche Kollision sehr komplex ab und so kommt es lokal zu kleineren Subduktionszonen, die Vulkane wie zum Beispiel den Vesuv in Italien entstehen lassen.¹³

¹³ vgl. ESKP; 935407

2.2 Vulkanarten

Vulkane lassen sich nach ihrem Aufbau und der chemischen Zusammensetzung des Magmas in verschiedene Typen unterteilen:

Es gibt flache und oft sehr große Schildvulkane, die von sehr dünnflüssiger Lava geformt werden. Ein Beispiel hierfür ist der Vulkan Kilauea auf Hawaii. Bei zähflüssigerer Lava bilden sich steilere Vulkane. Diese können sowohl Lavaströme produzieren, aber auch explosiver ausbrechen. Diese Vulkane bilden häufig Wechselagerungen aus Lava, Asche und anderen Auswurfprodukten. Daher nennt man diese Vulkane Schicht- oder Stratovulkane. Kommt es zu einem sehr großen Vulkanausbruch, entleert sich ein großer Teil der Magmakammer und ein Hohlraum entsteht. Dadurch wird der Vulkan über der Magmakammer instabil und fällt in sich zusammen. Dies hinterlässt dann einen Einbruchskessel und damit quasi ein großes Loch an der Stelle des früheren Vulkans. Dieser Vulkantyp wurde nach dem spanischen Wort für Kessel „Caldera“ benannt. Er bildet sich meist bei sehr zähflüssigen und gasreichen Magmen, die große explosive Ausbrüche verursachen. Ein Beispiel hierfür ist der Yellowstone-Vulkan in den USA.

Spaltenvulkane können sich ohne ein großes Vulkangebäude bilden. Dabei handelt es sich häufig um mehrere Kilometer lange Spalten oder Risse in der Erdoberfläche, bei denen Lava aus vielen kleinen Kratern entlang der Linie austritt. Hier ist die Lava meist sehr dünnflüssig und es können über kurze Zeiträume große Mengen Lava gefördert werden. Ein Beispiel hierfür ist die Laki-Spalte auf Island.

Darüber hinaus gibt es noch einige weitere Vulkanformen, die sich je nach Auswurfmaterial oder Interaktion mit der Umwelt oder der vorherigen Landschaftsform bilden können. Dazu zählen zum Beispiel Asche- und Schlackenkegel (kleine Hügel aus Asche oder flüssig ausgeworfenem Gestein: Schlacke), Maare (mit Wasser gefüllte Explosionskrater), Lavadome (Kuppeln aus zähflüssiger Lava) oder Sommas (ein jüngerer Vulkan innerhalb von einem älteren).¹⁴

2.3 Auslöser für einen Vulkanausbruch

Steigt der Druck auf Magmen in einer Magmakammer – zum Beispiel durch Einstürmen neuen Magmas oder durch Änderungen in der Dichte – steigen diese an die Oberfläche. Durch die sinkende Auflast der Erdkruste und der damit verbundenen Druckentlastung lösen sich dabei Gase aus dem Magma und bilden Blasen, ähnlich wie bei dem Öffnen einer Sektflasche. Diese Gasblasen sind die treibende Kraft von Vulkanausbrüchen, da sie das Magma aufschäumen und es an die Oberfläche drücken. Je nach chemischer Zusammensetzung und Temperatur und damit der Viskosität oder Zähigkeit des Magmas, können die Gasblasen entweder leicht entweichen oder nur sehr schwer. Bei sehr flüssigem Magma können sie leicht entweichen. Dies verhindert einen Druckaufbau und die Gase treten bei einem solchen Vulkanausbruch in spektakulären Lavafontänen aus. Bei zähflüssigem Magma können sich die Gase nicht so einfach durch das Magma bewegen. Dadurch baut sich Druck auf, der sich später durch starke Explosionen löst. Dies sind in der Regel die größeren und weitaus gefährlicheren Ausbrüche.

¹⁴ vgl. ESKP; 935252

Kommt aufsteigendes Magma in Kontakt mit externem Wasser, wie Grund-, See- oder Meerwasser, dehnt sich dieses Wasser explosionsartig aus. Diese Wasserdampfexplosionen führen zu besonders heftigen und explosiven Eruptionen, den sogenannten phreatomagmatischen Eruptionen. Bei diesen starken Explosionen entstehen meist noch größere Krater oder Maare.

2.4 Klassifizierung von Vulkanausbrüchen

Der Vulkanexplosivitätsindex (VEI) ist ein Maß für die Stärke eines Vulkanausbruchs. Dieser beschreibt hauptsächlich das Volumen des eruptierten Materials. Darüber hinaus fließen in die Skala die Höhe der Eruptionssäule und Merkmale des Eruptionsverhaltens ein (siehe Abb. 4). Die Skala ist logarithmisch aufgebaut, jede Stufe ist zehnmal stärker als die vorige. 0 bezeichnet kleine, räumlich sehr begrenzte und meist nicht explosive Eruptionen. Stufe 8 wird bei den größten Vulkanausbrüchen erreicht, bei denen mehr als 1.000 km³ Magma eruptiert werden. Die Eruptionssäulen solcher Ausbrüche erreichen Höhen bis zu 65 Kilometer.¹⁵

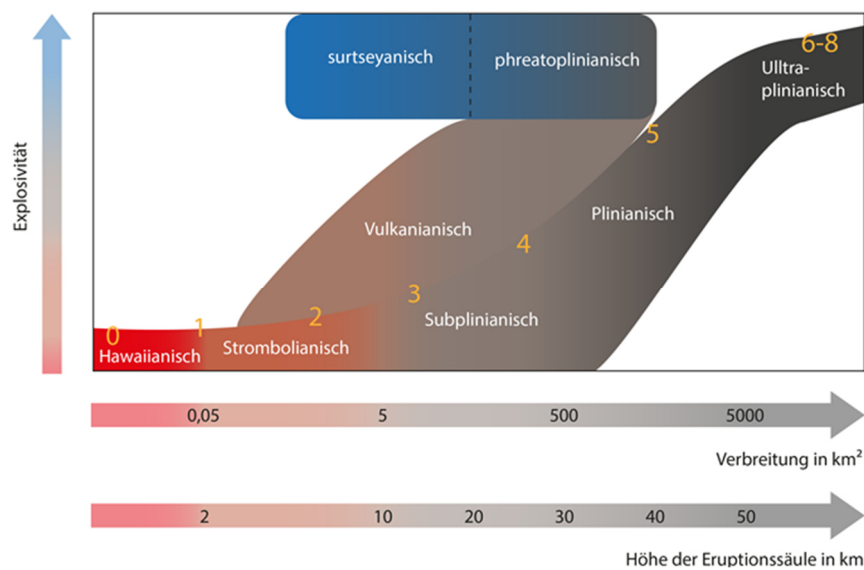


Abb. 4: Vulkanexplosivitätsindex VEI

Quelle: ESKP; 935415

Unterschiedliche Eruptionsarten werden auch nach den Orten benannt, wo sie zuerst oder am häufigsten beobachtet wurden: Hawaiianisch, Strombolianisch, Vulkanianisch, Surtseyanisch; Plinianisch (der Römer Plinius dokumentierte den Ausbruch des Vesuv 79 n. Chr.).¹⁶

2.5 Gefahren durch Vulkanausbrüche

Lokale und regionale Auswirkungen

Meist ist die direkte Umgebung eines Vulkans unmittelbar von einem Ausbruch betroffen, wenn explosiv ausgeworfene Asche auf das Land herunterregnet. Zusammen mit Vulkangasen beeinträchtigt der Ascheregen die Atmung der Menschen. Lavaströme, Glut- und Aschewolken überziehen die Umgebung mit einer Gesteinsschicht. Diese Schicht kann bei großen Ausbrüchen über große Entfernungen verbreitet und meterdick werden. Zusätzlich können Druckwellen, sogenannte Surges, Häuser und Bäume umkippen. Kommt Lockergestein auf dem Vulkan mit Wasser in Verbindung, entstehen häufig sogenannte Lahare (siehe Abb. 5). Diese herabfließenden Schutt- und

¹⁵ vgl. ESKP; 935252

¹⁶ vgl. Schmincke H.-U. (2013) S. 49

Schlammströme können Hänge komplett verwüsten. Wenn ein pyroklastischer Strom, eine Surge oder ein Lahar einen See oder das Meer erreicht, können Tsunamis entstehen.¹⁷

Einer der bekanntesten Vulkanausbrüche fand im Jahr 79 n. Chr. statt, als der Vesuv die römischen Städte Pompeji und Herculaneum unter einer mehrere Meter dicken Bims- und Ascheschicht begrub. Im Jahr 1902 wurde die Stadt St. Pierre auf der Insel Martinique trotz deutlicher Vorzeichen eines Ausbruchs am Mount Pelée nicht evakuiert, weil an den folgenden Tagen Wahlen stattfinden sollten. Bei dem Ausbruch kamen innerhalb von wenigen Minuten 28.000 Menschen ums Leben.¹⁸

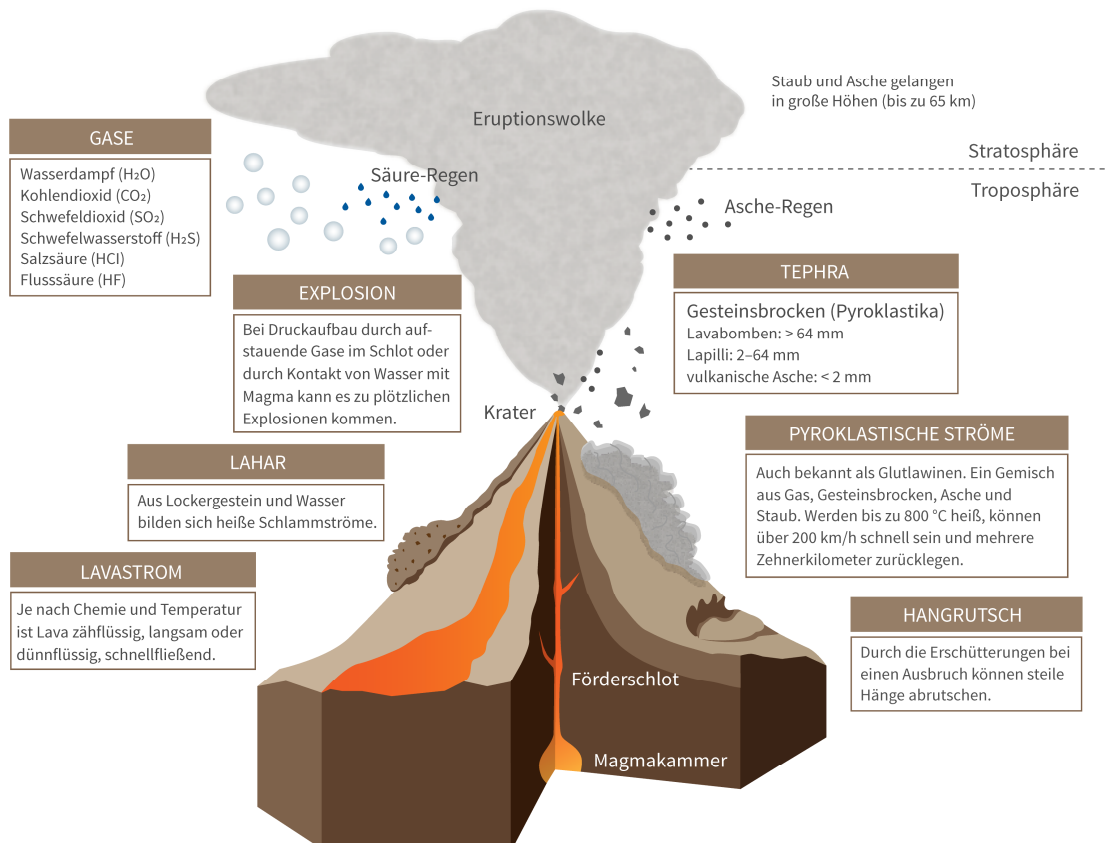


Abb. 5: Eruptionsprodukte und ihre Auswirkungen

Quelle: ESKP; 935629

Überregionale und globale Auswirkungen

Große Eruptionen entfalten ihre Wirkung auch weitläufig und langfristig. Durch die Emission von vulkanischen Gasen wird die Zusammensetzung der Atmosphäre verändert. Besonders stark und langanhaltend sind die Auswirkungen, wenn die Gase in höhere Schichten gelangen. Während die Gaspartikel in der Troposphäre, also der untersten, etwa 10 Kilometer dicken Atmosphärenschicht, recht schnell durch Niederschläge ausgewaschen werden, können sie in der darüber liegenden Stratosphäre bis zu drei Jahren verbleiben.

Die Effekte, die sie dort entwickeln, sind unterschiedlich und hängen von der Zusammensetzung der Eruptionsprodukte ab. Durch Schwefel heizt sich die Stratosphäre

¹⁷ vgl. ESKP; 935312

¹⁸ vgl. ESKP; 935252

auf. Die von außen eintreffende Strahlung wird allerdings reflektiert, sodass weniger Strahlung an der Erdoberfläche ankommt und die Erde abkühlt.

Umgekehrt erzeugt der Eintrag von CO₂ und Halogenen wie Chlor und Brom in die Stratosphäre einen natürlichen Treibhauseffekt. Die Gase spalten in der Höhe das Ozon und führen zur Verringerung der Ozonschicht. Mehr Strahlung kann die Atmosphäre durchdringen, die Erde erwärmt sich.¹⁹

2.6 Historische Ausbrüche und ihre Folgen

In den Jahren 1783 bis 1784 erfolgten an den isländischen Laki-Kratern monatelange große Lava-Eruptionen mit enormen Gas- und Partikelaustritten und großräumigen Auswirkungen. In der Folge dieses Großereignisses in den 130 Einzelkratern des Kraterfeldes kam es zu einer Verdunkelung der Erdatmosphäre. Durch sauren Regen und ungewöhnlich kühle Temperaturen als Folge des Vulkanausbruchs, kam es in ganz Europa zu massiven Ernteeinbrüchen. Es wird angenommen, dass dieser Ausbruch damit auch ein indirekter Auslöser der Französischen Revolution war.²⁰

In Deutschland führte der Laki-Ausbruch zu einem außergewöhnlich kalten und schneereichen Winter des Jahres 1783/1784. Für Halle an der Saale wird von einer ununterbrochenen Frostperiode vom 14.11.1783 bis 23.2.1784 berichtet, die die Saale für 20 Wochen zufrieren ließ. Von Ende Dezember bis Ende Februar bildete sich bei Dresden auf der Elbe eine mehr als 110 cm dicke Eisdecke. Für ähnliche Zeiträume wird von Eisdecken auf der Donau sowie dem Mittel- und Niederrhein berichtet. In Würzburg erreichte die Schneedecke eine Höhe von bis zu 180 cm. Ein Warmlufteinbruch und großflächiger Starkregen bewirkten Ende Februar ein plötzliches Tauwetter, das die erheblichen Schneemengen im Flachland und in den Mittelgebirgen rasant abschmelzen ließ. Von Neckar, Main, Mosel und Rhein sowie der Donau wird von Eisauflauf, Eisstau und massiven Überflutungen berichtet, Deiche brachen, Brücken stürzten ein, Mühlen und Lagerhäuser wurden zerstört. An der Mosel war das Eishochwasser 1784 das bis heute höchste durch Hochwassermarken bezeugte Winterhochwasser.²¹

Bei dem größten Vulkanausbruch seit Beginn der Geschichtsaufzeichnungen, dem des Tambora auf Indonesien im Jahre 1815, wurden mehr als 100 km³ Gestein ausgeworfen. Als Folge der Eruption lösten die gewaltigen Mengen an Asche und Gasen eine globale Abkühlung des Klimas aus. So ging das Folgejahr 1816 als „Jahr ohne Sommer“ in die Geschichte ein. In weiten Teilen der USA und Europas fiel der Sommer aus, was weltweit für Hungersnöte und Krankheiten sorgte. Im Jahr 1883 produzierte der Vulkan Krakatau eine Aerosolwolke, die um die ganze Welt ging und einen drei bis vier Jahre anhaltenden „Vulkanischen Winter“ nach sich zog.

Das jüngste Beispiel ist der Ausbruch des Pinatubo 1991 auf den Philippinen, dem kurz darauf ein Ausbruch des Cerro Hudson in Südchile folgte. Nach der starken Schwefelemission dieser Eruptionen senkte sich die globale Temperatur für zwei bis drei Jahre.²²

¹⁹ vgl. ESKP; 935312

²⁰ vgl. ESKP; 937262

²¹ vgl. Informationsplattform Undine

²² vgl. ESKP; 935252

2.7 Vorhersage von Vulkanausbrüchen

Die Verschiedenartigkeit von Vulkanen führt dazu, dass sich nicht jede Erkenntnis über das Verhalten eines Vulkans verallgemeinern und einfach auf einen anderen Vulkan übertragen lässt. Daher kommt es darauf an, ein besseres Verständnis darüber zu erhalten, wie sich Magmakammern im Untergrund füllen, wo sich Kanäle für den Magmaaufstieg befinden oder wie sich die Zähflüssigkeit (Viskosität) der Schmelzen im Untergrund verhält. Auch mit einem technisch intensiven Monitoring ist es bis heute nicht möglich, den Ausbruch eines Vulkans exakt vorherzusagen. Es gibt verschiedene Fragen, die für eine derartige Vorhersage beantwortet werden müssen:

1. Wann bricht der Vulkan aus?
2. Wo bricht der Vulkan aus (zentraler Krater oder Flankeneruption)?
3. Wie stark wird die Eruption sein und welche Art von Eruption ist zu erwarten?
4. Wie viel Magma ist involviert und wie viel davon erreicht die Oberfläche?

Über die zeitliche Abfolge vergangener Eruptionen kann abgeschätzt werden, wie wahrscheinlich eine bevorstehende Eruption ist. Für die Kurzzeitprognose gibt es verschiedene Vorläuferphänomene, die einen Vulkanausbruch anzeigen können. Die wissenschaftliche Beobachtung von Vulkanen dient dazu, diese Signale wahrzunehmen und die gewonnenen Daten zu interpretieren. Beispielsweise kann sich ein Vulkanausbruch durch die Zunahme von kleineren Erdbeben ankündigen, die mittels Seismografen aufgezeichnet werden können. Auch Veränderungen in der chemischen Zusammensetzung und der Temperatur der vulkanischen Gase können ein Indiz für einen bevorstehenden Ausbruch sein. Solche Gase entweichen aus den Kratern, heißen Quellen oder dem Boden und können dort gemessen werden. Zudem hebt bzw. dehnt sich ein Vulkan häufig vor einem Ausbruch durch das im Inneren aufsteigende Magma aus. Die dadurch entstehenden Neigungs- und Höhenänderungen können mit Neigungsmessern oder Satellitenbildern erfasst werden.

Meistens lassen sich jedoch nicht alle Fragen, die für eine vollumfängliche Gefahrenabschätzung notwendig wären, bereits vor der Eruption klären. Insbesondere in großen Vulkanfeldern, wie zum Beispiel den Phlegräischen Feldern, aber auch an Vulkanen mit häufigen Flankeneruptionen wie dem Ätna, lässt sich die Frage, an welcher Stelle es mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit zu einem Vulkanausbruch kommen wird, in der Regel nur bedingt beantworten.

Durch immer verfeinerte Messmethoden ist es jedoch möglich, die Aktivitäten eines Vulkans genauer zu erfassen und zu lokalisieren. Dies kann helfen, den möglichen Schaden durch einen Ausbruch zu verringern. Gefährdete Gebiete können vorab identifiziert und Evakuierungspläne erarbeitet werden.²³

Die weiterreichenden Auswirkungen eines Vulkanausbruchs hängen entscheidend von der vorherrschenden Wetterlage ab. Beim Ausbruch des Vulkans Eyjafjallajökull auf Island im Jahr 2010 führte die besondere Wetterlage zu diesem Zeitpunkt 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.²⁴

²³ vgl. Jorzik, O. (2020a)

²⁴ vgl. Jorzik, O. (2020b)

3 Aktuelle Vulkangefahren

Im folgenden Kapitel werden die vulkanischen Risiken aus globaler Sicht sowie für Griechenland, Island und Italien die lokalen und überregionalen Gefahren mit den präventiven Abwehrmaßnahmen dargestellt. Für Deutschland wird die Wahrscheinlichkeit eines lokalen Ausbruchs aufgrund aktueller Forschungen aufgezeigt.

3.1 Globale Betrachtung

90 Prozent des vulkanischen Risikos ist in nur fünf Ländern konzentriert (Indonesien, Philippinen, Japan, Mexiko, Äthiopien). Doch weitaus mehr Länder der Erde würden mit den Folgen eines großen Ausbruchs zu kämpfen haben.

Der Laki-Ausbruch der Jahre 1783 und 1784 oder auch der Ausbruch des Tambora 1815 haben gezeigt, welche globalen Auswirkungen große Vulkanausbrüche haben können. Allein für die letzten 2.000 Jahre sind mehr als dreißig solcher weltumspannender Ereignisse nachgewiesen worden. Diese Zahl ergibt sich aus den Untersuchungen von Tephra, dem von Vulkanen ausgeworfenen und über weite Strecken transportierten Material.

Die Dauer der Ruhephasen von Vulkanen kann bisher nicht vorhergesagt werden. Experten gehen davon aus, dass die Wahrscheinlichkeit für einen Ausbruch mit einem VEI von 7 oder größer bei 1-2 Eruptionen pro Jahrtausend liegt. Nach eindringlichen Appellen von Experten ist eine wohl durchdachte Vorbereitung der Gesellschaft auf diese sehr großen, wenn auch sehr seltenen Vulkanausbrüche mindestens genauso wichtig wie für die vielen kleineren Eruptionen. So ist zum Beispiel die Abhängigkeit von Satelliten-Daten so immens wichtig, dass Vulkanologen dringend raten, detaillierte Untersuchungen darüber anzustellen, wie vulkanische Asche in der Atmosphäre sowie die veränderte atmosphärische Feuchte die Signale unserer zahlreichen GPS-Systeme beeinflusst.

Ein Mindestmaß an konzentrierter Überwachung und intensiver Forschung ist eine globale Aufgabe, auf die Experten aktuell entschieden hinweisen. Besonders vielversprechend sind dabei modernste Satelliten, um auch entlegene Vulkane zu erfassen und Vorboten zu erkennen.²⁵ Aktuell werden mehr als die Hälfte der aktiven Vulkane nicht instrumentell überwacht.²⁶

3.2 Griechenland

Griechenland hat 10.710.000 Einwohner auf einer Landfläche von 130.048 km².²⁷

In Griechenland liegen mehrere als aktiv eingestufte Vulkane, die zusammen mit einigen erloschenen Vulkanen einen vulkanischen Inselbogen in der Ägäis formen. Er erstreckt sich von den Vulkanen bei Methana auf der Halbinsel Peloponnes bis zur Insel Kos vor der türkischen Küste bei Bodrum. Zusammen mit den Vulkanen von Milos und Nisyros bildet Santorini einen vulkanischen Inselbogen hinter der ägäischen Subduktionszone, die vor der Südküste Kretas verläuft. In diesem Bereich gibt es eine besonders komplexe tektonische Konstellation.

²⁵ vgl. Walter, T. (2018)

²⁶ vgl. ESKP; 937273

²⁷ vgl. Deutsches Statistisches Bundesamt; Griechenland

Die Zonen entlang der Plattengrenzen sind auch für das Aufkommen starker Erdbeben bekannt. Am 30. Oktober 2020 gab es nordöstlich der Insel Samos ein Erdbeben mit einer Magnitude von 6,9 auf der Richterskala. Hierbei wurden mindestens 27 Menschen getötet und mehr als 800 Menschen verletzt.²⁸

In der Nähe der Stadt Methana gibt es vier Vulkanruinen. Die letzte Eruption (VEI 3) ist aus dem Jahr 258 v.Chr. bekannt, im Umkreis von 30 Kilometern leben zurzeit zirka 49.000 Menschen.²⁹ An mehreren Stellen der Halbinsel Methana gibt es heiße Quellen, die bei Touristen sehr beliebt sind.

Der bekannteste und aktivste Vulkan der Ägäis ist der Santorini. Bei einem Ausbruch mit einem VEI von 7 im Jahr 1610 v. Chr., entstand eine Caldera mit einem Durchmesser von 11 km in Nord-Süd-Richtung und 9 km in Ost-West-Richtung und einer Tiefe von bis zu 400 m. Die jüngste Eruption des Santorini ereignete sich im Jahr 1950 mit einem VEI von 2. Die Insel ist ein beliebtes Urlaubsparadies, am Fuß der Caldera brodeln hydrothermale Quellen. Im Umkreis von 30 Kilometern leben zirka 12.000 Menschen.³⁰

Der Vulkan Nisyros liegt in direkter Nähe zum Santorini und war zuletzt 1888 mit einem VEI von 2 aktiv.³¹

Gefahrenabwehr

In Griechenland werden die Maßnahmen zur Abwehr von Naturkatastrophen zentral vom „General Secretariat for Civil Protection (GSCP)“ koordiniert, das GSCP ist eine Unterabteilung des Innenministeriums.

Das GSCP plant, organisiert und koordiniert landesweit Maßnahmen in Bezug auf die Risikobewertung, Prävention und Reaktion auf Naturkatastrophen, technologische Katastrophen oder sonstige Notfälle. Das GSCP überwacht die Umsetzung der genannten Maßnahmen und ist für die Information der Öffentlichkeit zuständig.

Darüber hinaus wird ein „Civil Protection Operations Center (CPOC)“ betrieben. Das CPOC koordiniert und verwaltet auf nationaler Ebene die Bereitstellung von Ressourcen zur Bewältigung von Notfällen. Das CPOC ist das ganze Jahr über rund um die Uhr in Betrieb und wird von Offizieren und Unteroffizieren der Streitkräfte, der griechischen Polizei, der griechischen Küstenwache und der griechischen Feuerwehr besetzt. Im Bedarfsfall wird das CPOC durch wissenschaftliches Personal unterstützt.³²

Zur Vorbereitung auf Vulkanausbrüche hat das GSCP Schutzrichtlinien für die griechische Bevölkerung erarbeitet. Demnach ist das Vulkanrisiko auf die aktiven Vulkane Santorini und Nisyros und deren Umgebung beschränkt. Für die Gebiete in der Nähe der Vulkane gibt es Evakuierungspläne mit Anweisungen der Zivilschutzbehörde. Hierin wird die Bevölkerung informiert, wie sie sich auf vulkanische Eruptionen vorbereiten kann sowie während und nach einem Vulkanausbruch verhalten soll.³³ Es wurde eine

²⁸ vgl. Tagesschau.de

²⁹ vgl. Global Volcanism Program, Smithsonian Institution; Methana

³⁰ vgl. Global Volcanism Program, Smithsonian Institution; Santorini

³¹ vgl. Global Volcanism Program, Smithsonian Institution; Nisyros

³² vgl. Griechisches Generalsekretariat für Katastrophenschutz; CPOC

³³ vgl. Griechisches Generalsekretariat für Katastrophenschutz; volcanic-eruptions

Gefahrenkarte für den Bereich des Santorini erstellt, welche auch die Zonen für Tsunamis, Lavaströme, Erdbeben usw. erfasst (siehe Anlage B).

Das „Institute of the study and monitoring of the santorini volcana (ISMOSAV)“ betreibt unter Beteiligung griechischer Wissenschaftler und der Zivilschutzbehörde ein Vulkanobservatorium sowie ein Überwachungsnetzwerk. Mithilfe des Instituts soll eine möglichst genaue Bewertung von Vulkanphänomenen und damit eine frühzeitige Vorhersage von Vulkanausbrüchen gewährleistet werden.³⁴

3.3 Island

Island hat eine Landfläche von 100.450 km² und eine Einwohnerzahl von 364.000, alleine 229.000 Menschen wohnen in der Hauptstadt Reykjavik bzw. den umliegenden Gemeinden.^{35 36}

Island ist ein mittelozeanischer Vulkan, in dem besonders hohe Eruptionsraten über einem Plume (Stelle hoher Magmenproduktion) eine Vulkaninsel erzeugt haben.³⁷

Zurzeit werden auf Island 32 aktive Vulkansysteme gezählt (siehe Abb. 6). Besondere Gefahren gehen von den vielen eis- und schneebedeckten Vulkanen, den sogenannten subglazialen Vulkanen, aus. Durch Schmelzwasser können phreatomagmatische Eruptionen mit großem Ascheauswurf und hohen Eruptionssäulen entstehen. Durch das geschmolzene Gletschereis können sich große Gletscherläufe mit gewaltigen Flutwellen entwickeln. Momentan befindet sich der Vulkan Grimsvötn in einer hohen Aktivitätsstufe. Er ist teilweise von bis zu 700 m dickem Eis bedeckt, der Zentralvulkan hat eine 8 km × 10 km lange eisgefüllte Caldera. Neben dem Zentralvulkan liegt die 100 km lange und 18 km breite Laki-Spalte, deren monatelanger Ausbruch in den Jahren 1783 bis 1784 Auswirkungen auf ganz Europa hatte.³⁸

Gefahrenabwehr

Der Katastrophenschutz in Island fällt in die Zuständigkeit des Justizministeriums, diese wird an den „National Commissioner of the Icelandic Police (NCIP)“ delegiert. Das NCIP unterhält eine nationale Koordinierungs- und Kommandozentrale, die jederzeit aktiviert werden kann. Das NCIP ist auch für den Betrieb des Krisenkoordinierungszentrums in Reykjavik zuständig und überwacht und unterstützt Forschungen und Studien in Bezug auf Risikofaktoren sowie Naturkatastrophen. In Absprache mit dem zuständigen regionalen Polizeikommissar trifft das NCIP Entscheidungen über Alarmstufen des Katastrophenschutzes.³⁹ Island ist in neun Zivilschutzbezirke unterteilt. Jeder Zivilschutzbezirk hat einen oder mehrere Zivilschutzausschüsse, die für die Organisation auf lokaler Ebene verantwortlich sind.⁴⁰

³⁴ vgl. ISMOSAV

³⁵ vgl. Deutsches Statistisches Bundesamt; Island

³⁶ vgl. Statistics Iceland

³⁷ vgl. Schmicke H.-U. (2013) S. 18

³⁸ vgl. Larsen, G. & Gudmundsson, MT (15.11.2019)

³⁹ vgl. Ministerium für Katastrophenschutz und Notfallmanagement Island; NCIP

⁴⁰ vgl. Ministerium für Katastrophenschutz und Notfallmanagement Island; Zivilschutzausschüsse

Die isländischen Vulkane werden intensiv überwacht. Das „Icelandic Meteorological Office (IMO)“ leitet die Langzeitüberwachung von Geogefahren und ist für die Aufrechterhaltung der Instrumentennetzwerke zu diesem Zweck verantwortlich. Das IMO arbeitet intensiv mit einer Reihe isländischer und internationaler Forschungsgruppen zusammen, darunter mit dem Institut für Geowissenschaften (IES) der Universität von Island. Zum Überwachungssystem geologischer Gefahren in Island gehören seismische, GPS-, Dehnungs-, hydrologische und Radarmessungen sowie Infraschallnetzwerke.⁴¹

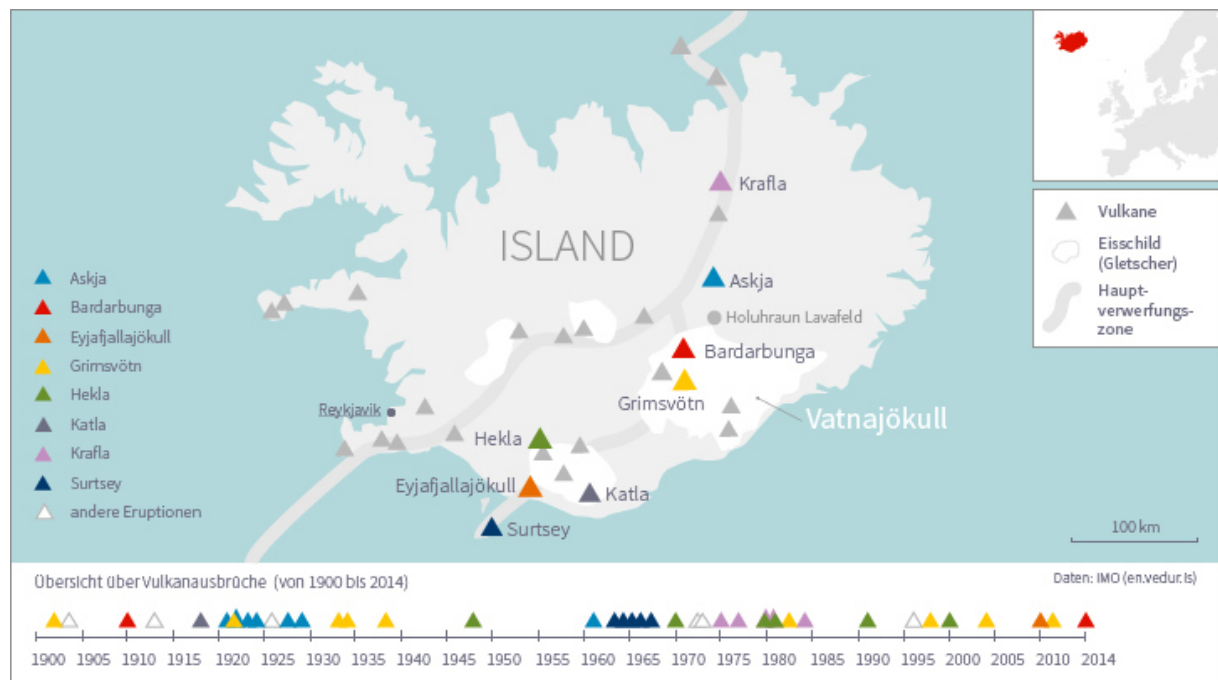


Abb. 6: wichtige Vulkane Islands und wesentliche Ausbrüche von 1900 bis 2014

Quelle: ESKP; 935629

Das IMO stellt in Zusammenarbeit mit dem staatlichen Vulkanobservatorium, dem IES sowie dem NCIP und diversen Fachleuten ein interaktives, webbasiertes Tool zur Verfügung. Dieses Tool enthält aktuelle Informationen zu den 32 aktiven Vulkansystemen Islands.⁴² Abgestimmt auf gefährdete Regionen, gibt es mehrsprachige Info-Flyer für Einwohner und Touristen (siehe Anlage C).⁴³

In Island hat sich ein „Wissenschaftlicher Beirat für Katastrophenschutz“ als informelles Forum für Konsultationen zwischen der Zivilschutzabteilung des NCIP und der wissenschaftlichen Gemeinschaft etabliert. Dieser Beirat ermöglicht eine offene und freie Kommunikation sowie einen Meinungsaustausch zwischen Wissenschaftlern, Experten und den Mitarbeitern des NCIP. Der Beirat tritt in der Regel zweimal im Jahr zusammen. Darüber hinaus wird er einberufen, wenn besondere Ereignisse wie Vulkanausbrüche, Erdbeben, Überschwemmungen oder Stürme dies erfordern. Je nach Bedarf bzw. Situation unterstützen dann unterschiedliche Wissenschaftler und Experten. Im Rahmen regelmäßiger Treffen werden mögliche Gefahren und der mögliche Verlauf der Ereignisse bewertet.

⁴¹ vgl. Futurevolc

⁴² vgl. Larsen, G. & Gudmundsson, MT (07.03.2016)

⁴³ vgl. Ministerium für Katastrophenschutz und Notfallmanagement Island; volcanic-eruptions

Im Regelfall wird am Ende jeder Sitzung eine Erklärung oder ein Protokoll abgegeben, um die Öffentlichkeit, die Behörden und die Medien über den Stand der zur Diskussion stehenden Themen zu informieren. Im Oktober 2020 fanden Absprachen zur COVID-Pandemie, der Lage an den Vulkanen Grimsvötn und Bardarbunga sowie zu Erdbebenaktivitäten auf der Halbinsel Reykjanes statt.⁴⁴

3.4 Italien

In Italien leben 60.245.000 Einwohner auf einer Landfläche von 297.734 km².⁴⁵

Ähnlich der Situation in der Ägäis, liegt auch in Italien eine komplexe tektonische Konstellation vor. Dementsprechend gehören sowohl Vulkanismus als auch Erdbeben zu einer latenten Gefahr in Italien. Neben Island besteht hier die höchste Konzentration an aktiven Vulkanen in Europa (siehe Abb. 7) - durch die Lage der Vulkane und die Bevölkerungsdichte sind in Italien jedoch mehrere Millionen Menschen durch lokale Auswirkungen eines Vulkanausbruchs bedroht.

Aktive Vulkane sind der Ätna und der Stromboli, die häufig ausbrechen und aufgrund ihrer Aktivität bzw. niedrigen Explosivität als weniger gefährlich gelten. Zu den ruhenden Vulkanen zählen u. a. der Colli Albani, die Campi Flegrei und der Vesuv.⁴⁶



Abb. 7: Vulkane in Italien

Quelle http://www.protezionecivile.gov.it/en_GB/risk-activities/volcanic-risk/italian-volcanoes

Der Vesuv ist einer der bekanntesten Vulkane der Welt. Bei dessen Eruption im Jahr 79 n. Chr. sind die römischen Städte Pompeji und Herculaneum zerstört worden. Der letzte Ausbruch fand im Jahr 1944 (VEI 3) statt, Lavaströme und große Mengen von Vulkanasche zerstörten damals mehrere Orte. Der Bereich um den Vesuv ist dicht besiedelt, die Millionen-Metropole Neapel liegt nur wenige Kilometer nordwestlich. Im Umkreis von 30 Kilometern leben zirka vier Millionen Menschen.⁴⁷

Die Campi Flegrei, zu Deutsch „phlegräische Felder“, liegen nur wenige Kilometer westlich von Neapel und gehören zu den bestüberwachten vulkanischen Gebieten der Welt. Sie sind das einzige europäische Vulkangebiet mit einer bekannten Supereruption (VEI 7 bis 8).⁴⁸ Die Campi Flegrei, eine Caldera mit den Ausmaßen von

⁴⁴ vgl. Ministerium für Katastrophenschutz und Notfallmanagement Island; news

⁴⁵ vgl. Deutsches Statistisches Bundesamt; Italien

⁴⁶ vgl. Ministerium für Katastrophenschutz, Italien; italian-volcanoes

⁴⁷ vgl. Global Volcanism Program, Smithsonian Institution; Vesuvius

⁴⁸ vgl. Walter, T. (2018)

15 km × 12 km, beinhalten ein Vulkanfeld in dem in den letzten 39.000 Jahren zahlreiche Vulkane aktiv waren, der letzte Ausbruch fand im Jahr 1538 (VEI 3) statt. Seit 2011 verzeichnen die Wissenschaftler des „Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV)“ eine Zunahme der Erdbebenaktivität. In dem Gebiet gibt es eine intensive fumarolische Aktivität (Austritt heißer vulkanischer Gase), seismische Aktivität und den sogenannten Bradyseismus, ein langsames Anheben und Absenken des Bodens. Seit 2005 findet wieder ein langsames Anheben des Bodens statt, das im November 2019 etwa 63 cm erreichte.⁴⁹

Der Stromboli ist seit dem Jahr 300 v. Chr. dauernd tätig. Diese Dauertätigkeit besteht im abwechselnden Auswerfen von Aschen und Laven aus den aktiven Schloten. Die einzelnen Eruptionen folgen in Zeitabständen von Minuten bis Stunden. Während einige der 0,5 m bis 1 m durchmessenden Schlote Lavafetzen auswerfen, kommen aus den anderen Gase und Aschen. Der Stromboli ist einer starken seismischen Tätigkeit ausgesetzt, die Folge sind zahlreiche Mikrobeben.⁵⁰

Gefahrenabwehr

Das Ministerium für Katastrophenschutz fördert und koordiniert zentral die nationalen Aufgaben des Katastrophenschutzes. Im Einvernehmen mit den regionalen und lokalen Gebietskörperschaften, übernimmt dies eine Führungsrolle bei Projekten und Aktivitäten zur Prävention, Prognose und Überwachung von Risiken sowie der Gefahrenabwehrmaßnahmen. Das Ministerium koordiniert die Maßnahmen bei Ereignissen, deren Art und Umfang das Eingreifen der zentralen Stellen des Staates erfordert. Darüber hinaus arbeitet es in Absprache mit den Regionalregierungen und den lokalen Behörden an der Ausarbeitung von Rechtsvorschriften zur Verhütung von Risiken und regulatorischen Maßnahmen, die zur Bewältigung von Katastrophen und zur Minimierung von Personen- und Sachschäden erforderlich sind.⁵¹

Gemeinsam mit den Regionalregierungen werden sogenannte Kompetenzzentren betrieben, in denen staatliche Verwaltungen, Universitäten und Forschungsinstitute zusammenarbeiten.⁵² Die technisch-wissenschaftliche Tätigkeit reicht von der Erfassung von Informationen über die Verarbeitung bis hin zur Interpretation der gesammelten Daten anhand von Modellen und Simulationen.

Regionale Funktionszentren sammeln und überwachen meteorologische, hydrogeologische und seismologische Daten. Diese Daten werden im zentralen Überwachungszentrum zusammengeführt, geprüft und an die Entscheidungsträger auf zentraler und lokaler Ebene weitergeleitet.

Diese Organisation ermöglicht es, Risikosituationen zu bewerten, das Interventionssystem rechtzeitig zu alarmieren und den Behörden die notwendigen Elemente zur Verfügung zu stellen, um begründete und zeitnahe Entscheidungen, wie zum Beispiel zur Evakuierung gefährdeter Bereiche, treffen zu können.⁵³

Zur Vorbereitung auf eruptive Ereignisse werden die Vulkane dauerhaft überwacht, die Messergebnisse ausgewertet, Studien durchgeführt und aktualisiert. Hieraus werden

⁴⁹ vgl. INGV; campi-flegrei

⁵⁰ vgl. Szeglat, M. (2019)

⁵¹ vgl. Ministerium für Katastrophenschutz, Italien; department

⁵² vgl. Ministerium für Katastrophenschutz, Italien; competence-centres

⁵³ vgl. Ministerium für Katastrophenschutz, Italien; prediction

mögliche Szenarien für einen bevorstehenden Ausbruch mit detaillierten nationalen Notfallplänen erarbeitet.

Für den Bereich der Vulkangefahren finden monatliche Videokonferenzen mit den Kompetenzzentren statt, die für die Überwachung von Vulkanen zuständig sind. Im Anschluss werden Alarmstufen für die Vulkane festgelegt, in Abhängigkeit vom Aktivitätszustand sind dies grün, gelb, orange oder rot.⁵⁴

Jüngsten Studien zufolge ist das am Vesuv am wahrscheinlichsten auftretende Vulkanereignis ein strombolianischer Ausbruch (VEI 3) mit Rückfall von pyroklastischen Materialien und der Bildung von Schlammlawinen oder Laharen.⁵⁵

Schwierig einzuschätzen sind die Gefahren bei den Campi Flegrei, da hier der Bereich, in dem Eruptionen auftreten können, sehr groß ist. Aktuell wird davon ausgegangen, dass mit einer Wahrscheinlichkeit von etwa 95 Prozent ein Ausbruch auftritt, bei dem eine bis zu 10 km hohe Eruptionssäule entsteht, kilometerlange pyroklastische Strömungen fließen und sich große Mengen Vulkanasche über mehrere zehn Kilometer Entfernung verbreiten.⁵⁶

In den nationalen Katastrophenschutzplänen sind die Gebiete um die Vulkane in Zonen eingeteilt:

- rote Zone: hier bestehen Gefahren durch pyroklastische Strömungen, sodass im Falle eines Ausbruchs eine Evakuierung geplant ist.
- gelbe Zone: ist der Bereich außerhalb der roten Zone, der im Fall eines Ausbruchs dem erheblichen Niederschlag von Vulkanasche ausgesetzt wäre. Je nach Intensität könnte hier eine vorübergehende Evakuierung notwendig sein.

Im Falle eines Alarms muss die gesamte Bevölkerung die rote Zone verlassen. Menschen, die den Bereich nicht selbst verlassen können, begeben sich in Wartebereiche, die in den kommunalen Katastrophenschutzplänen vorgesehen sind. Von den Wartebereichen werden die Bürger in vorgesehene Versammlungsbereiche gebracht, von hier aus erreichen sie die sogenannten Partnerregionen oder autonomen Provinzen mit Schiff, Zug oder Bus.⁵⁷

Um die Unterstützung der Bevölkerung der Gemeinden in der roten Zone zu gewährleisten, wurde ein Partnerschaftsschema zwischen diesen Gemeinden und den nicht betroffenen Regionen und autonomen Provinzen definiert. Die Partnerregionen und autonomen Provinzen müssen spezifische Pläne für den Transfer der betroffenen Bevölkerung und für die Aufnahme auf ihrem eigenen Territorium erstellen.⁵⁸

Die Auswirkungen eines Ausbruchs werden beim Blick auf die Bevölkerungszahlen deutlich: In der roten Zone des Vesuv leben 670.000 Menschen.

⁵⁴ vgl. Ministerium für Katastrophenschutz, Italien; videoconferenze

⁵⁵ vgl. Ministerium für Katastrophenschutz, Italien; vesuvio

⁵⁶ vgl. Ministerium für Katastrophenschutz, Italien; flegrei

⁵⁷ vgl. Ministerium für Katastrophenschutz, Italien; attivita

⁵⁸ vgl. Ministerium für Katastrophenschutz, Italien; emergenza

3.5 Vulkangebiete in Deutschland

Die Aufschiebung der Alpen führte im Tertiär zur Grabenbildung in Mitteleuropa. Heute sind nur noch Überreste der dabei entstandenen Vulkane erhalten. Vor allem das Gebiet der Eifel ist bekannt für zahlreiche ehemals aktive Vulkane. Der letzte Ausbruch liegt allerdings 11.000 Jahre zurück. Aber auch in der Rhön, im Schwarzwald und im Westerwald, am Vogelsberg sowie im Vogtland und im Erzgebirge finden sich vulkanisch geprägte Gebiete.

Vulkanische Aktivitäten lassen sich noch im Vogtland und in der Eifel nachweisen.⁵⁹

3.5.1 Vogtland

Das Vogtland ist das aktivste Erdbebengebiet Mitteleuropas, der jüngste Vulkan war bis vor etwa 700.000 Jahren aktiv. Die Bewegungen entlang der sogenannten Marienbader Störungszone führen zu Spannungen in der Kruste. Die Spannungen lösen sich durch viele kleine Erdbeben, sogenannte Schwarmbeben. In regelmäßigen Abständen, derzeit etwa alle sechs Jahre, gibt es auch stärkere Beben. So kam es im Mai 2018 im Grenzgebiet zwischen Deutschland und Tschechien zu einem Beben mit einer Magnitude von 4,2.⁶⁰ Wissenschaftler gehen davon aus, dass die Magmenkammer noch aktiv ist und es auch in Zukunft zu vulkanischen Aktivitäten kommen kann.⁶¹

3.5.2 Eifel

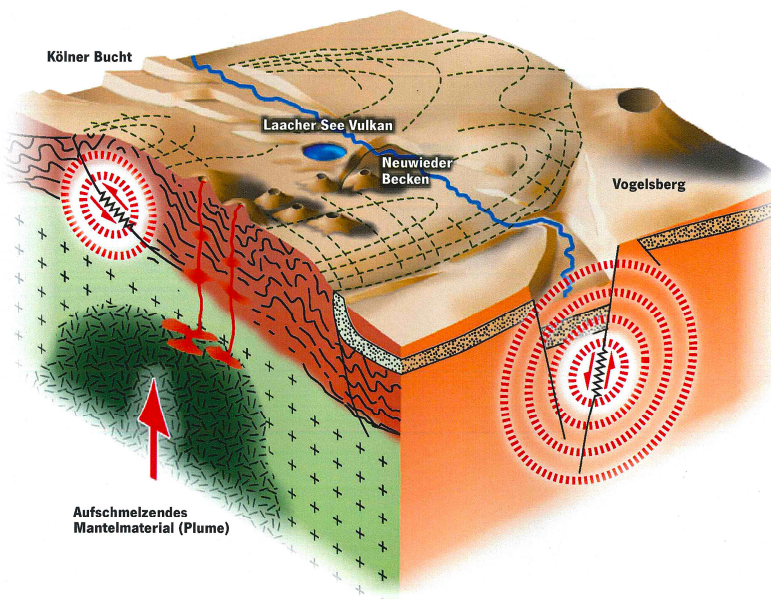


Abb. 8: Blockbild des Rheinischen Schildes

Quelle: Schmincke (2014) S. 17

Nachdem der Rheinische Schild mit einer beschleunigten Hebungsphase begonnen hatte, setzten die vulkanischen Tätigkeiten in der Westeifel vor etwa 600.000 Jahren ein und reichten bis in das Holozän vor 100.000 Jahren. Die aktivste Phase fand dabei vor rund 500.000 Jahren statt. Abbildung 8 zeigt die Zusammenhänge in der Grabenbruchzone mit den tektonischen Spannungen im Oberrheingraben und der Kölner Bucht sowie die angrenzenden Vulkangebiete.

Das Vulkanfeld der Westeifel in der Umgebung von Gerolstein erstreckt sich über 600 Quadratkilometer und umfasst 240 Eruptionszentren. Es handelt sich dabei hauptsächlich um kleinere Schlackekegel und Maare. Hierzu gehört auch das Ulmener Maar, das vor 11.000 Jahren aktiv war und somit Deutschlands jüngster Vulkan ist.

⁵⁹ vgl. ESKP; 935508

⁶⁰ vgl. ESKP; 935995

⁶¹ vgl. ESKP; 935508

In der Osteifel existieren zirka 100 Vulkane, der Vulkanismus begann dort vor etwa 460.000 Jahren. In der Umgebung des Laacher Sees befinden sich rund 60 Eruptionszentren, zumeist Schlackekegel. Die Aktivität gipfelte zum Ende der letzten Kaltzeit, als sich das Laacher-See-Becken vor rund 12.900 Jahren bildete. Die Eruptionssäulen der großen, phreatomagmatischen Eruptionen waren mehrfach bis zu 40 Kilometer hoch, mehr als sechs km³ Magma wurde eruptiert, das meiste innerhalb von nur wenigen Tagen. Am Ostufer des Laacher Sees deuten sogenannte Mofetten (Austrittspunkte von CO₂) auf magmatische Aktivitäten im Untergrund hin.⁶²

Im Jahr 2019 haben Wissenschaftler der Erdbebendienste Südwest und Nordrhein-Westfalen, des Deutschen GeoForschungsZentrums (GFZ) und des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) in einer Studie erstmalig seismologische Hinweise für schwache, magmatisch induzierte Erdbeben unter dem Laacher-See-Vulkan vorgelegt. Die hier festgestellten Erdbeben werden in großen Tiefen erzeugt und zeichnen sich durch ungewöhnlich niedrige Schwingfrequenzen aus (sogenannte „Deep Low-Frequency (DLF) Earthquakes“). Es konnte festgestellt werden, dass diese Beben episodisch in zeitlich und räumlich eng begrenzten Gruppen auftreten und sich grob entlang einer Linie von 10 km bis 45 km Tiefe aufreihen (siehe Anhang D). Dies wird als ein Aufsteigen von Fluiden und Magmen aus dem oberen Erdmantel in die mittlere und obere Erdkruste interpretiert. Die Magnituden (Stärke auf der Richterskala) dieser DLF-Erdbeben sind unterhalb der menschlichen Wahrnehmungsgrenze und die Schwingfrequenzen deutlich niedriger im Vergleich zu den regelmäßig in der Region nachgewiesenen tektonischen Erdbeben.

DLF-Erdbeben werden weltweit als Hinweis auf die Bewegung magmatischer Fluide in großer Tiefe gedeutet und regelmäßig unter aktiven Vulkanen beobachtet.⁶³

Die Ergebnisse der Studie in der Osteifel liefern Anhaltspunkte, dass auch gegenwärtig unter dem Laacher-See-Vulkan magmatische Fluide aus dem oberen Erdmantel in die Erdkruste aufsteigen könnten. Dies kann als Anzeichen dafür gewertet werden, dass Magmenkammern in der Erdkruste unterhalb des Laacher Sees existieren und sich langsam füllen könnten.

Die beobachteten DLF-Erdbeben werden jedoch nicht als unmittelbares Vorläufersignal einer aktuell bevorstehenden vulkanischen Aktivität gedeutet. Datierungen der beim letzten Ausbruch vor 12.900 Jahren geförderten Magmen zeigten, dass die Befüllung und Differenziation der oberen Magmenkammer unter dem Laacher See etwa 30.000 Jahre gedauert haben könnten, bevor es zum eigentlichen Ausbruch kam. Das bedeutet, dass die magmatischen Prozesse während sehr langer Zeiträume ablaufen können, bevor es zu einer Eruption kommt.

Um die Zusammenhänge zwischen den DLF-Erdbeben und möglicher magmatischer Aktivität unter der Osteifel besser untersuchen zu können, wird eine Intensivierung der geochemischen Überwachung zur Analyse austretender Gase sowie wiederholte geodätische Messungen zur Feststellung möglicher Deformationen der Erdoberfläche als sinnvoll erachtet. Ebenso sollten gezielte geophysikalische Untersuchungen zur Abbildung und Charakterisierung möglicher Magmaresoire unter der Laacher-See-Region durchgeführt werden.⁶⁴

⁶² vgl. ESKP; 935508

⁶³ vgl. Hensch, M. et al. (2019)

⁶⁴ vgl. Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz

4 Katastrophenschutz in Deutschland

Der Katastrophenschutz ist eine landesrechtliche Organisationsform der kommunalen und staatlichen Verwaltungen in den Ländern zur Gefahrenabwehr bei Katastrophen, bei der alle an der Gefahrenabwehr beteiligten Behörden, Organisationen und Einrichtungen unter einheitlicher Führung durch die örtlich zuständige Katastrophenschutzbehörde zusammenarbeiten.⁶⁵ Die Länder regeln die Aufgaben des Katastrophenschutzes durch jeweils eigene Gesetze.

Die Zuständigkeiten der Länder für den Katastrophenschutz werden durch die Katastrophenhilfe des Bundes gemäß §§ 12 bis 15 des Zivilschutz- und Katastrophenhilfegesetzes (ZSKG) und die gegenseitige Rechts- und Amtshilfe aller Behörden des Bundes und der Länder nach Artikel 35 des Grundgesetzes (GG) ergänzt. Gemäß § 16 ZSKG können Einrichtungen und Vorhaltungen des Bundesamtes für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) im Rahmen der Amtshilfe zur Unterstützung eines Landes verwendet werden. Zur Hilfe bei einer Naturkatastrophe oder bei einem besonders schweren Unglücksfall, können die Länder gemäß Artikel 35 GG Polizeikräfte anderer Länder, Kräfte und Einrichtungen anderer Verwaltungen, wie zum Beispiel das Technische Hilfswerk (THW), die Bundespolizei und der Streitkräfte anfordern. Gefährdet die Naturkatastrophe oder der Unglücksfall das Gebiet mehr als eines Landes, so kann die Bundesregierung, soweit es zur wirksamen Bekämpfung erforderlich ist, den Landesregierungen gemäß Artikel 35 Absatz 3 GG die Weisung erteilen, Polizeikräfte anderen Ländern zur Verfügung zu stellen, sowie Einheiten der Bundespolizei und der Streitkräfte zur Unterstützung der Polizeikräfte einsetzen.⁶⁶

4.1 Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe

Das BBK ist u. a. als Fachbehörde an der nationalen und europäischen Sicherheitsforschung beteiligt und wirkt in einer Reihe von wissenschaftlichen Gremien und Netzwerken auf nationaler und internationaler Ebene mit. Der gesetzliche Auftrag zur Forschung ist im § 4 des ZSKG verankert. Die Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten des BBK beruhen auf drei Säulen. Erstens bearbeiten die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des BBK Forschungsfragen und erstellen beispielsweise wissenschaftsbasierte Konzepte (Eigenforschung). Zweitens werden im Rahmen der Ressortforschung Forschungsprojekte an externe Einrichtungen, zumeist Hochschulen, Forschungseinrichtungen und forschende Unternehmen im Wettbewerb vergeben (Auftragsforschung). Drittens schließlich beteiligt sich das BBK an Forschungsprojekten, die von anderen Stellen, zum Beispiel der EU, gefördert werden (Drittmittelforschung).⁶⁷

4.2 Risiko- und Krisenmanagement

Gemäß § 18 ZSKG erstellt der Bund im Zusammenwirken mit den Ländern bundesweite Risikoanalysen für den Zivilschutz. Diese dienen der vorsorglichen und strukturierten Beschäftigung mit möglichen bundesrelevanten Gefahren und den bei ihrem

⁶⁵ vgl. BBK; Glossar

⁶⁶ vgl. Deutscher Bundestag (2018)

⁶⁷ vgl. BBK; Forschung

Eintritt zu erwartenden Auswirkungen auf die Bevölkerung, ihre Lebensgrundlagen und die öffentliche Sicherheit und Ordnung in Deutschland. Ihre Ergebnisse sollen als Informations- und Entscheidungsgrundlage dienen und somit eine verbesserte, risiko- und bedarfsorientierte Vorsorge- und Abwehrplanung im Zivil- und Katastrophenschutz ermöglichen.

Die Risikoanalyse ist das Kernelement im Risikomanagement und Ausgangspunkt für den notwendigen Diskurs der Risikobewertung in Politik und Gesellschaft. Sie liefert die Grundlage für die Entscheidung über mögliche präventive Maßnahmen des Bevölkerungs

schutzes und im Sinne eines ganzheitlichen Risiko- und Krisenmanagement Ansatzes (vgl. Abbildung 9) die Basis für ein erfolgreiches Krisenmanagement im Ereignisfall.

Die Risikoanalyse auf Bundesebene berücksichtigt Gefahren/Ereignisse, die eine potentielle Bundesrelevanz haben, das heißt bei deren Bewältigung der Bund in besonderer Weise im Rahmen seiner (grund-) gesetzlichen Verantwortung gefordert sein kann.

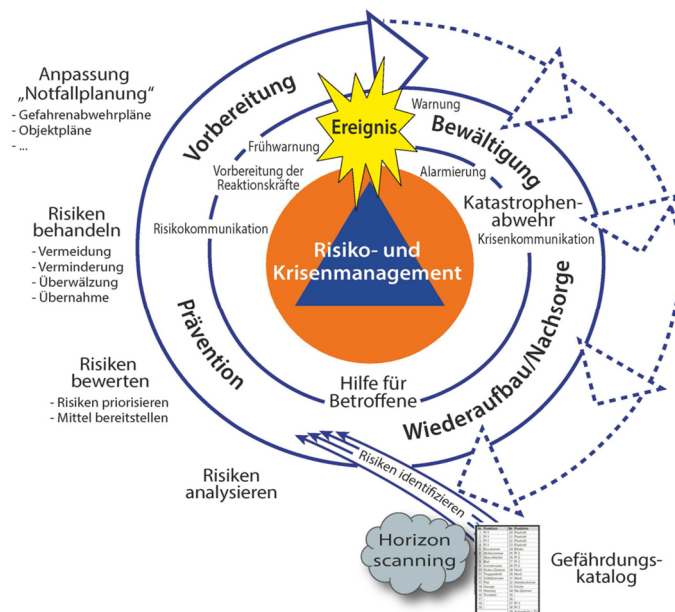


Abb. 9: Risiko- und Krisenmanagement

Quelle: https://www.bbk.bund.de/DE/AufgabenundAusstattung/Risikomanagement/risikomanagement_node.html

Folgende Risikoanalysen wurden seit 2012 durchgeführt:

- Extremes Schmelzhochwasser aus den Mittelgebirgen (2012),
- Pandemie durch Virus Modi-SARS (2012),
- Wintersturm (2013),
- Sturmflut (2014),
- Freisetzung radioaktiver Stoffe aus einem Kernkraftwerk (2015),
- Freisetzung chemischer Stoffe (2016),
- Dürre (2018),
- Erdbeben (2020).

Die aktuellste Risikoanalyse befasst sich mit den Auswirkungen eines Erdbebens in der Niederrheinischen Bucht. Die Risikoanalyse des Bundes wird auch künftig ressortübergreifend und unter Einbindung aller relevanten Geschäftsbereichsbehörden und der Einbindung von weiteren Behörden und Experten von Bund, Länder und der Wirtschaft erfolgen. So wird sichergestellt, dass vorhandene Erkenntnisse und Expertise gebündelt und gemeinsam abgestimmte Aussagen aus Bundessicht getroffen werden. Gerade die Beschäftigung mit solch gleichermaßen außergewöhnlichen wie plausiblen Ereignissen und ihren möglichen Konsequenzen ist wichtig, da sie die Gefahrenabwehr und das deutsche Hilfeleistungssystem in bislang noch nicht dagewesener Form herausfordern könnten.⁶⁸

⁶⁸ vgl. Deutscher Bundestag (2018)

5 Konsequenzen für den Katastrophenschutz in Deutschland

Im Gegensatz zu Island, Griechenland oder Italien, bestehen in Deutschland in den nächsten Jahren mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit keine konkreten Gefahren durch einen lokalen Vulkanausbruch. Damit ergeben sich in diesem Bereich mittelfristig keine Maßnahmen auf Seiten der Gefahrenabwehr.

Anders sieht es mit den möglichen Auswirkungen durch Vulkanausbrüche außerhalb von Deutschland aus. Die großen Eruptionseignisse wie die des Jahres 1783 (Laki, Island) und 1815 (Tambora, Indonesien) haben gezeigt, welche Auswirkungen Vulkanausbrüche haben können. Analoge Ereignissen hätten in unserer heutigen Gesellschaft andere Auswirkungen – die Zahl der Todesopfer wäre sicherlich geringer und auch Hungersnöte in der Form wie 1816 würde es heutzutage so nicht geben. Die Auswirkungen auf unsere vulnerable Wirtschaft und Gesellschaft wären aber, wie bereits der kleine Ausbruch des Eyjafjallajökull angedeutet hat, immens.

Die Dauer der Ruhephasen von Vulkanen kann bisher nicht vorhergesagt werden. Meist, jedoch nicht immer, sind die kolossalen Vulkanausbrüche (VEI 7 und 8) dort zu erwarten, wo sich eine ozeanische Platte über oder unter eine Kontinentalplatte schiebt (Subduktionszonen). Nach eindringlichen Appellen von Experten ist eine wohl durchdachte Vorbereitung der Gesellschaft auf diese sehr großen, wenn auch sehr seltenen Vulkanausbrüche mindestens genauso wichtig, wie für die vielen kleineren Eruptionen.⁶⁹

Für ein wirksames Risikomanagement braucht es eine gute Koordination und klare Verantwortlichkeiten. Politische Entscheidungsträger brauchen klar identifizierbare Ansprechpartner, die ihnen geeignete Handlungsempfehlungen auf Basis wissenschaftlicher Erkenntnisse geben können.⁷⁰ Das zeigte sich auch beim Ausbruch des Eyjafjallajökull im Jahr 2010. Die Zusammenarbeit der unterschiedlichen Fachdisziplinen wie Vulkanologie, Atmosphärenforschung, Wettermodellen, bis hin zur Anwendung waren gänzlich neu. Das Thema ist noch immer aktuell, da isländische Behörden gegenwärtig vor dem Vulkan Grimsvötn warnen – auch dieser Vulkan liegt unter einem großen Eisschild. Deshalb ist es sinnvoll, ein Früherkennungssystem aufzubauen, welches unter anderem Geophysiker, Vulkanologen, Wetter- und Atmosphärenforscher zusammenbringt, um Entscheidungsträger und Katastrophenschutz zu integrieren.⁷¹

Aufgrund der in der vorliegenden Arbeit aufgezeigten möglichen Auswirkungen durch Vulkanismus auf unsere vulnerable Gesellschaft wird vorgeschlagen, anhand von ausgewählten Szenarien eine bundesweite Risikoanalyse „Vulkanismus“ durchzuführen. Viele Bereiche der Wirtschaft, Versorgung und der Gesellschaft können und werden von den Auswirkungen eines Vulkanausbruchs betroffen sein. Die Verzahnungen der modernen, globalisierten Gesellschaft erfordern daher eine genauere Überprüfung der drohenden Auswirkungen. Hieraus lassen sich dann notwendige technische und organisatorische Maßnahmen des Katastrophenschutzes ableiten.

⁶⁹ vgl. Walter, T. (2018)

⁷⁰ vgl. Jorzik, O. (2020b)

⁷¹ vgl. Jorzik, O. et al. (2020)

6 Zusammenfassung und Ausblick

In Deutschland bestehen in den nächsten Jahren mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit keine konkreten Gefahren durch einen lokalen Vulkanausbruch. Die Ergebnisse der jüngsten Studie bestätigen lediglich die schon bestehende wissenschaftliche Meinung, dass der Vulkanismus am Laacher See bzw. in der Eifel nicht erloschen, sondern „langzeit-schlafend“ ist. Um die Zusammenhänge zwischen den DLF-Erdbeben und möglicher magmatischer Aktivität unter der Osteifel besser untersuchen zu können, empfehlen die Forscher eine Intensivierung der geochemischen Überwachung zur Analyse austretender Gase sowie wiederholte geodätische Messungen zur Feststellung möglicher Deformationen der Erdoberfläche. Ebenso sollten gezielte geophysikalische Untersuchungen zur Abbildung und Charakterisierung möglicher Magmareservoirs vorgenommen werden. Dabei können die vorhandenen Strukturen der Landeserdbebendienstes genutzt und die Zusammenarbeit weiter verbessert werden.

Nach eindringlichen Appellen von Experten, ist eine wohl durchdachte Vorbereitung der Gesellschaft auf, wenn auch sehr seltene, sehr große Vulkanausbrüche mit überregionalen oder globalen Auswirkungen notwendig.

Es ist deutlich geworden, dass es hierzu einer engen Zusammenarbeit vieler wissenschaftlicher Fachbereiche mit den politischen Entscheidungsträgern sowie den Gefahrenabwehrbehörden bedarf. Dies stellt unseren föderal organisierten Katastrophenschutz vor eine besondere Herausforderung – Abstimmungs- und Entscheidungswege müssen frühzeitig festgelegt werden. In Island und Italien gibt es entsprechende Beispiele für die strukturierte Zusammenarbeit der unterschiedlichen Ebenen der Gefahrenabwehrbehörden mit Wissenschaftlern und den politisch Verantwortlichen.

Großbritannien hat der Ausbruch des Eyjafjallajökull im Jahr 2010 dazu veranlasst, vulkanische Risiken in das „National Risk Register NRR“ aufzunehmen:

- 1) Ein mäßiger explosiver Ausbruch des Eyjafjallajökull von mehrwöchiger Dauer.
- 2) Ein großer Ausbruch der Laki-Spalte mit einer Dauer von mehreren Monaten.

Mit der Aufnahme dieser Szenarien in das NRR wurden Regierungsstellen, Forschungseinrichtungen und Hochschulen zur Planung zusammengebracht. Als Ergebnis wurde ein Notfallplan der Regierung für Maßnahmen auf staatlicher und kommunaler Ebene erarbeitet.⁷²

Auch Deutschland wäre gut beraten, sich mittels einer Risikoanalyse auf den möglichen Katastrophenfall „Vulkanausbruch“ vorzubereiten. Neben einer angemessenen Risikoabschätzung bedarf es zur effektiven Gefahrenabwehr einer klaren Kompetenz- und Zuständigkeitsverteilung. Die Wichtigkeit einer guten Vorbereitung auf länderübergreifende Katastrophen zeigen aktuell die Auswirkungen und Maßnahmen der Corona-Pandemie.

*„Verdrängung und Unwissenheit schützt nicht vor Naturgefahren –
die beste Möglichkeit Naturrisiken zu mindern,
ist vorbereitet zu sein und die Prozesse des Systems zu verstehen.“⁷³*

(Dr. Thomas R. Walter; GFZ Potsdam)

⁷² vgl. Loughlin, S. et al. (2015)

⁷³ Becker, P. und Hüttel, R. (2014)

Literaturverzeichnis

BBK - BUNDESAMT FÜR BEVÖLKERUNGSSCHUTZ UND KATASTROPHENHILFE: BBK-

Glossar, Ausgewählte zentrale Begriffe des Bevölkerungsschutzes; Band 8, Praxis im Bevölkerungsschutz, Juni 2019; verfügbar auf https://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/BBK/DE/Publikationen/Praxis_Bevoelkerungsschutz/Glossar_2018.pdf?__blob=publicationFile; abgerufen am 20.11.2020

BBK - BUNDESAMT FÜR BEVÖLKERUNGSSCHUTZ UND KATASTROPHENHILFE: Forschung;

verfügbar auf https://www.bbk.bund.de/DE/AufgabenundAusstattung/Forschung/Forschung_node.html; abgerufen am 20.11.2020

BECKER, P. UND HÜTTL, R. (2014): Vulkanismus. In: Becker, P. & Hüttl, R. (Hrsg.):

Forschungsfeld Naturgefahren, Potsdam, Offenbach 2014; auf https://www.dwd.de/DE/leistungen/naturgefahrenforschung/downloads/forschungsfeld_naturgefahren_vulkanismus.html; abgerufen am 21.11.2020.

DEUTSCHER BUNDESTAG (2018): Drucksache 19/9521. Bericht zur Risikoanalyse im Bevölkerungsschutz 2018

DEUTSCHES STATISTISCHES BUNDESAMT: Griechenland; verfügbar auf:

<https://www.destatis.de/Europa/DE/Staat/EU-Staaten/Griechenland.html>; abgerufen am 26.11.2020

DEUTSCHES STATISTISCHES BUNDESAMT: Island; verfügbar auf:

<https://www.destatis.de/Europa/DE/Staat/EFTA-Staaten/Island.html>; abgerufen am 26.11.2020

DEUTSCHES STATISTISCHES BUNDESAMT: Italien; verfügbar auf:

<https://www.destatis.de/Europa/DE/Staat/EU-Staaten/Italien.html>; abgerufen am 26.11.2020

ESKP – EARTH SYSTEM KNOWLEDGE PLATFORM; 935252: Wissensplattform Erde und Umwelt der Helmholtz-Gemeinschaft, Koordination durch das Helmholtz-Zentrum Potsdam, Deutsches GeoForschungsZentrum. Fragen und Antworten zum Thema Vulkane, verfügbar auf: <https://www.eskp.de/grundlagen/naturgefahren/fragen-und-antworten-zum-thema-vulkane-935252/>; abgerufen am 23.10.2020

ESKP – EARTH SYSTEM KNOWLEDGE PLATFORM; 935312: Wissensplattform Erde und Umwelt der Helmholtz-Gemeinschaft, Koordination durch das Helmholtz-Zentrum Potsdam, Deutsches GeoForschungsZentrum. Auswirkungen von Vulkanausbrüchen, verfügbar auf: <https://www.eskp.de/grundlagen/naturgefahren/auswirkungen-von-vulkanausbruechen-935312/>; abgerufen am 15.10.2020

ESKP – EARTH SYSTEM KNOWLEDGE PLATFORM; 935407: Wissensplattform Erde und Umwelt der Helmholtz-Gemeinschaft, Koordination durch das Helmholtz-Zentrum Potsdam, Deutsches GeoForschungsZentrum. Plattentektonik und Vulkanismus, verfügbar auf: <https://www.eskp.de/grundlagen/naturgefahren/plattentektonik-und-vulkanismus-935407/>; abgerufen am 15.10.2020

- ESKP – EARTH SYSTEM KNOWLEDGE PLATFORM; 935415:** Wissensplattform Erde und Umwelt der Helmholtz-Gemeinschaft, Koordination durch das Helmholtz-Zentrum Potsdam, Deutsches GeoForschungsZentrum. Vulkane: Eruptionstypen, verfügbar auf: <https://www.eskp.de/grundlagen/naturgefahren/vulkane-eruptionstypen-935415/>; abgerufen am 15.10.2020
- ESKP – EARTH SYSTEM KNOWLEDGE PLATFORM; 935508:** Wissensplattform Erde und Umwelt der Helmholtz-Gemeinschaft, Koordination durch das Helmholtz-Zentrum Potsdam, Deutsches GeoForschungsZentrum. Vulkangebiete in Deutschland, verfügbar auf: <https://www.eskp.de/grundlagen/naturgefahren/vulkangebiete-in-deutschland-935508/>; abgerufen am 15.10.2020
- ESKP – EARTH SYSTEM KNOWLEDGE PLATFORM; 935629:** Wissensplattform Erde und Umwelt der Helmholtz-Gemeinschaft, Koordination durch das Helmholtz-Zentrum Potsdam, Deutsches GeoForschungsZentrum. Infografiken zum Thema Vulkanismus, verfügbar auf: <https://www.eskp.de/grundlagen/naturgefahren/infografiken-zum-thema-vulkanismus-935629/>; abgerufen am 15.10.2020
- ESKP – EARTH SYSTEM KNOWLEDGE PLATFORM; 935995:** Wissensplattform Erde und Umwelt der Helmholtz-Gemeinschaft, Koordination durch das Helmholtz-Zentrum Potsdam, Deutsches GeoForschungsZentrum. Schwarmbeben im Vogtland, verfügbar auf: <https://www.eskp.de/naturgefahren/schwarmbeben-im-vogtland-935995/>; abgerufen am 15.10.2020
- ESKP – EARTH SYSTEM KNOWLEDGE PLATFORM; 937262:** Wissensplattform Erde und Umwelt der Helmholtz-Gemeinschaft, Koordination durch das Helmholtz-Zentrum Potsdam, Deutsches GeoForschungsZentrum. Lassen sich vulkanische Risiken und eventuelle Katastrophen managen?, verfügbar auf: <https://themenspezial.eskp.de/vulkanismus-und-gesellschaft/inhalt/gesellschaft-und-vulkanismus/vulkanische-risiken-managen-937262/>; abgerufen am 15.10.2020
- ESKP – EARTH SYSTEM KNOWLEDGE PLATFORM; 937273:** Wissensplattform Erde und Umwelt der Helmholtz-Gemeinschaft, Koordination durch das Helmholtz-Zentrum Potsdam, Deutsches GeoForschungsZentrum. Durch Überwachung das Risikopotential von Vulkan erkennen, verfügbar auf: <https://themenspezial.eskp.de/vulkanismus-und-gesellschaft/inhalt/fruehwarnung-und-monitoring/risikopotentiale-erkennen-937273/>; abgerufen am 15.10.2020
- FUTUREVOLC:** verfügbar auf <https://futurevolc.hi.is/volcanoes-and-monitoring/>; abgerufen am 02.11.2020
- GENERALSEKRETARIAT FÜR KATASTROPHENSCHUTZ – GSCP:** Griechisches Generalsekretariat für Katastrophenschutz; Ziel und Auftrag des GSCP - Civil Protection Operations Center; verfügbar auf <https://www.civilprotection.gr/en/civil-protection-operations-centre>; abgerufen am 08.10.2020
- GENERALSEKRETARIAT FÜR KATASTROPHENSCHUTZ – GSCP:** Griechisches Generalsekretariat für Katastrophenschutz; volcanic eruptions – protection guidelines; verfügbar auf <https://www.civilprotection.gr/en/volcanic-eruptions>; https://www.civilprotection.gr/sites/default/gscp_uploads/volcanos_26_7_19.pdf; abgerufen am 14.10.2020

- GLOBAL VOLCANISM PROGRAM (2013):** Methana (212020) in Volcanoes of the World, v. 4.9.1 (17. September 2020). Venzke, E (Hrsg.). Smithsonian Institution. (<https://volcano.si.edu/volcano.cfm?vn=212020>). <https://doi.org/10.5479/si.GVP.VOTW4-2013>; abgerufen am 09.11.2020
- GLOBAL VOLCANISM PROGRAM (2013):** Santorini (212040) in Volcanoes of the World, v. 4.9.1 (17. September 2020). Venzke, E (Hrsg.). Smithsonian Institution. (<https://volcano.si.edu/volcano.cfm?vn=212040>). <https://doi.org/10.5479/si.GVP.VOTW4-2013>; abgerufen am 09.11.2020
- GLOBAL VOLCANISM PROGRAM (2013):** Nisyros (212050) in Volcanoes of the World, v. 4.9.1 (17. September 2020). Venzke, E (Hrsg.). Smithsonian Institution. (<https://volcano.si.edu/volcano.cfm?vn=212050>). <https://doi.org/10.5479/si.GVP.VOTW4-2013>; abgerufen am 09.11.2020
- GLOBAL VOLCANISM PROGRAM (1999):** Report on Vesuvius (Italy) (Wunderman, R., ed.). Bulletin of the Global Volcanism Network, 24:10. Smithsonian Institution. (<https://volcano.si.edu/volcano.cfm?vn=211020>) <https://doi.org/10.5479/si.GVP.BGVN199910-211020>; abgerufen am 09.11.2020
- HENSCH, M., DAHM, T., RITTER, J., HEIMANN, S., SCHMIDT, B., STANGE, S., LEHMANN, K. (2019):** Deep low-frequency earthquakes reveal ongoing magmatic recharge beneath Laacher See Volcano (Eifel, Germany); Geophysical Journal International, Band 216, Ausgabe 3, März 2019, Seiten 2025–2036, <https://doi.org/10.1093/gji/ggy532>; Veröffentlicht: 07. Januar 2019; abgerufen am 09.10.2020
- INFORMATIONSPLATTFORM UNDINE:** Ein Projekt des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, realisiert durch die Bundesanstalt für Gewässerkunde. Hochwasserereignisse im Rheingebiet: Das Eishochwasser 1784; verfügbar auf: http://undine.bafg.de/rhein/extremereignisse/rhein_hw1784.html; abgerufen am 08.10.2020
- INGV – ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA:** campi-flegrei; verfügbar auf <https://www.ov.ingv.it/ov/campi-flegrei/stato-attuale.html>; abgerufen am 17.11.2020
- ISMOSAV - INSTITUTE FOR THE STUDY AND MONITORING OF THE SANTORINI VOLCANO:** verfügbar auf <https://www.santorini.net/ismosav/>; abgerufen am 02.11.2020
- JORZIK, O. (2020a):** Das Gefahrenpotenzial von Vulkanen durch Überwachung verringern. - In: Spreen, D., Kandarr, J. (Eds.), Vulkanismus und Gesellschaft. Zwischen Risiko, Vorsorge und Faszination, Potsdam: Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, 7.1.; <https://doi.org/10.2312/eskp.2020.2.7.1>; abgerufen am 15.10.2020
- JORZIK, O. (2020b):** Lassen sich vulkanische Risiken und eventuelle Katastrophen managen? - In: Spreen, D., Kandarr, J. (Eds.), Vulkanismus und Gesellschaft. Zwischen Risiko, Vorsorge und Faszination, Potsdam: Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, 3.1.; <https://doi.org/10.2312/eskp.2020.2.3.1>; abgerufen am 15.10.2020

- JORZIK, O., KANDARR, J., KLINGHAMMER, P. & SPREEN, D. (HRSG.). (2020):** ESKP- Themenspezial Vulkanismus und Gesellschaft. Zwischen Risiko, Vorsorge und Faszination. Potsdam: HelmholtzZentrum Potsdam – Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ. doi:10.2312/eskp.2020.2; abgerufen am 15.10.2020
- KREEMER, C., BLEWITT, G., DAVIS, P. (2020):** Geodetic evidence for a buoyant mantle plume beneath the Eifel volcanic area, NW Europe; *Geophysical Journal International*, Band 222; Ausgabe 2, August 2020, Seiten 1316-1332, <https://doi.org/10.1093/gji/ggaa227>; veröffentlicht 11. Mai 2020
- LANDESAMT FÜR GEOLOGIE UND BERGBAU RHEINLAND-PFALZ:** Ungewöhnlich tiefe Erdbeben geben Hinweise auf Bewegungen magmatischer Fluide unter dem Laacher See (Eifel, Rheinland-Pfalz); 07.01.2019; verfügbar auf <https://www.lgb-rlp.de/aktuelles/detail/news/detail/News/ungewoehnlich-tiefe-erdbeben-geben-hinweise-auf-bewegungen-magmatischer-fluide-unter-dem-laacher-see.html>; abgerufen am 27.11.2020
- LARSEN, G. & GUÐMUNDSSON, MT (15.11.2019):** Grimsvötn. In: Oladottir, B., Larsen, G. & Guðmundsson, MT Katalog isländischer Vulkane. IMO, UI und CPD-NCIP. Verfügbar auf <http://icelandicvolcanoes.is/?volcano=GRV/>; abgerufen am 09.11.2020
- LARSEN, G. & GUÐMUNDSSON, MT (07.03.2016):** In: Oladottir, B., Larsen, G. & Guðmundsson, MT Katalog isländischer Vulkane. IMO, UI und CPD-NCIP. Verfügbar auf <http://icelandicvolcanoes.is/>; abgerufen am 02.11.2020
- LOUGHLIN, S.; SPARKS, S. BROWN, S., JENKINS, F., VYE-BROWN, C.;** *Global Volcanic Hazards und Risk*; Cambridge University Press, 2015; S. 77, Planning and preparedness for an effusive volcanic eruption: the Laki scenario
- MINISTERIUM FÜR KATASTROPHENSCHUTZ UND NOTFALLMANAGEMENT ISLAND:** NCIP; verfügbar auf <https://www.almannavarnir.is/english/about-the-department-of-civil-protection-and-emergency-management/>; abgerufen am 08.10.2020
- MINISTERIUM FÜR KATASTROPHENSCHUTZ UND NOTFALLMANAGEMENT ISLAND:** news; verfügbar auf <https://www.almannavarnir.is/2020/06/>; abgerufen am 17.11.2020
- MINISTERIUM FÜR KATASTROPHENSCHUTZ UND NOTFALLMANAGEMENT ISLAND:** volcanic-eruptions; verfügbar auf <https://www.almannavarnir.is/english/preventive-measures/volcanic-eruption/>; abgerufen am 22.11.2020
- MINISTERIUM FÜR KATASTROPHENSCHUTZ UND NOTFALLMANAGEMENT ISLAND:** Zivilschutzausschüsse; verfügbar auf <https://www.almannavarnir.is/almannavarnir/almannavarnarnefndir/>; abgerufen am 08.10.2020
- MINISTERIUM FÜR KATASTROPHENSCHUTZ, ITALIEN:** attività; verfügbar auf <http://www.protezionecivile.gov.it/attivita-rischi/rischio-vulcanico/vulcani-italia/flegrei/piano-nazionale-di-protezione-civile>; abgerufen am 27.11.2020
- MINISTERIUM FÜR KATASTROPHENSCHUTZ, ITALIEN:** competence-centres; verfügbar auf <http://www.protezionecivile.gov.it/national-service/activities/functional-centres-network/competence-centres>; abgerufen am 17.11.2020

- MINISTERIUM FÜR KATASTROPHENSCHUTZ, ITALIEN:** department; verfügbar auf <http://www.protezionecivile.gov.it/departement>; abgerufen am 17.11.2020
- MINISTERIUM FÜR KATASTROPHENSCHUTZ, ITALIEN:** emergenza; verfügbar auf http://www.protezionecivile.gov.it/media-communication/dossier/detail/-/asset_publisher/default/content/aggiornamento-del-piano-nazionale-di-emergenza-per-il-vesuvio; abgerufen am 27.11.2020
- MINISTERIUM FÜR KATASTROPHENSCHUTZ, ITALIEN:** flegrei; verfügbar auf <http://www.protezionecivile.gov.it/attivita-rischi/rischio-vulcanico/vulcani-italia/flegrei/rischio>; abgerufen am 27.11.2020
- MINISTERIUM FÜR KATASTROPHENSCHUTZ, ITALIEN:** italian-volcanoes; verfügbar auf http://www.protezionecivile.gov.it/en_GB/risk-activities/volcanic-risk/italian-volcanoes; abgerufen am 17.11.2020
- MINISTERIUM FÜR KATASTROPHENSCHUTZ, ITALIEN:** prediction; verfügbar auf <http://www.protezionecivile.gov.it/national-service/activities/prediction>; abgerufen am 17.11.2020
- MINISTERIUM FÜR KATASTROPHENSCHUTZ, ITALIEN:** vesuvio; verfügbar auf <http://www.protezionecivile.gov.it/attivita-rischi/rischio-vulcanico/vulcani-italia/vesuvio/rischio>; abgerufen am 27.11.2020
- MINISTERIUM FÜR KATASTROPHENSCHUTZ, ITALIEN:** videoconferenze; verfügbar auf <http://www.protezionecivile.gov.it/attivita-rischi/rischio-vulcanico/vulcani-italia/vesuvio/videoconferenze-su-stato-di-attivita-e-livelli-di-allerta>; abgerufen am 17.11.2020
- SCHMINCKE, H.-U. (2014):** Vulkane der Eifel; Aufbau, Entstehung und heutige Bedeutung; 2., erweiterte und überarbeitete Auflage. Springer-Verlag
- SCHMINCKE, H.-U. (2013):** Vulkanismus; 4., unveränderte Auflage. Primus Verlag
- SPEKTRUM DER WISSENSCHAFT:** Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, Heidelberg; verfügbar auf: <https://www.spektrum.de/lexikon/geowissenschaften/vulkanismus/17805>; abgerufen am 07.10.2020
- STATISTICS ICELAND:** Nationales Statistisches Institut Island; verfügbar auf <https://statice.is/statistics/population/inhabitants/municipalities-and-urban-nuclei/>; abgerufen am 16.11.2020
- SWR – SÜDWESTRUNDFUNK:** Vulkane - Eine Gefahr in Deutschland? Planet Wissen vom 16.03.2020. verfügbar auf: <https://www1.wdr.de/mediathek/video-vulkane--eine-gefahr-in-deutschland-100.html>; abgerufen am 05.10.2020
- SZEGLAT, M. (2019):** Stromboli; Leuchtfeuer des Mittelmeeres; verfügbar auf <http://www.vulkane.net/vulkane/stromboli/stromboli.html>; abgerufen am 23.10.2020
- TAGESSCHAU.DE (31.10.2020):** verfügbar auf <https://www.tagesschau.de/ausland/erdbeben-tuerkei-griechenland-101.html>; abgerufen am 10.11.2020
- WALTER, T. (2018):** Zivilisation meets VEI-7 Eruption: Die Menschheit ist schlecht aufgestellt. Earth System Knowledge Platform [www.eskp.de], 5. doi:10.2312/10.2312/eskp.026; abgerufen am 07.10.2020

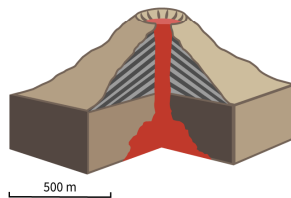
Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
BBK	Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe
CPOC	Civil Protection Operations Center
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
DLF	Deep Low-Frequency
ESKP	Earth System Knowledge Platform
EU	Europäische Union
GFZ	GeoForschungsZentrum
GG	Grundgesetz
GPS	Global Positioning System
GSCP	General Secretariat for Civil Protection
IES	Institut für Geowissenschaften der Universität von Island
IMO	Icelandic Meteorological Office
INGV	Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
ISMOSAV	Institute of the study and monitoring of the santorini volcana
KIT	Karlsruher Institut für Technologie
n. Chr.	nach Christus
NCIP	National Commissioner of the Icelandic Police
NRR	National Risk Register
SWR	Südwestrundfunk
THW	Technisches Hilfswerk
USA	United States of America
v. Chr.	vor Christus
VEI	Vulkanexplosivitätsindex
vgl.	vergleiche
ZSKG	Zivilschutz- und Katastrophenhilfegesetz

Anhang

A Vulkanarten

Asche- und Schlackekegel

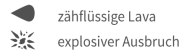


GELÄNDEFORM



kegelförmig

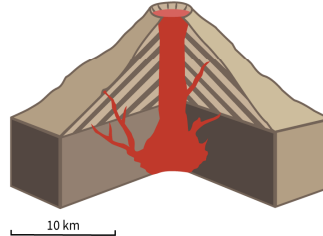
TYPISCHE ERUPTIONSFORMEN



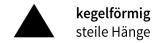
zähflüssige Lava
explosiver Ausbruch

BEISPIELE: Parícutín Mexiko | häufigste Vulkanform der Erde | auch an Hängen anderer Vulkanformen z. B. an den Flanken des Ätna, Italien

Strato- oder Schichtvulkan

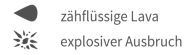


GELÄNDEFORM



kegelförmig
steile Hänge

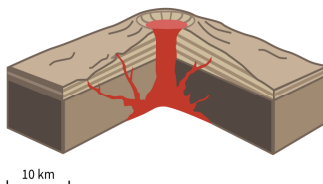
TYPISCHE ERUPTIONSFORMEN



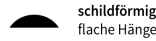
zähflüssige Lava
explosiver Ausbruch

BEISPIELE: Fujiyama Japan | Ätna Italien | Mount St. Helens USA

Schildvulkan

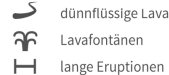


GELÄNDEFORM



schildförmig
flache Hänge

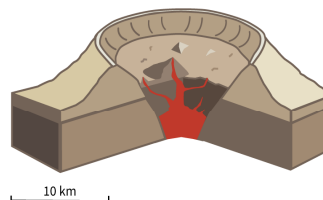
TYPISCHE ERUPTIONSFORMEN



dünnflüssige Lava
Lavafontänen
lange Eruptionen

BEISPIELE: Mauna Loa Hawaii, USA

Caldera

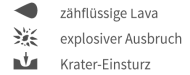


GELÄNDEFORM



trichterförmig

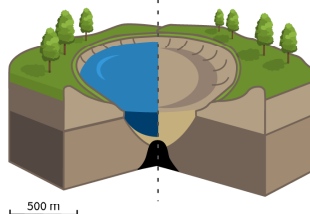
TYPISCHE ERUPTIONSFORMEN



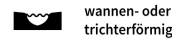
zähflüssige Lava
explosiver Ausbruch
Krater-Einsturz

BEISPIELE: Yellowstone USA | Pinatubo Philippinen | Campi Flegrei Italien

Maar | Tuffring

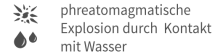


GELÄNDEFORM



wannen- oder
trichterförmig

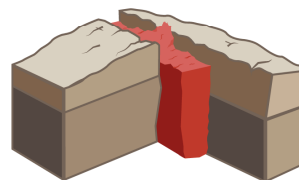
TYPISCHE ERUPTIONSFORMEN



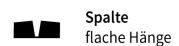
phreatomagmatische
Explosion durch Kontakt
mit Wasser

BEISPIELE: Eifel Deutschland

Spalte



GELÄNDEFORM



Spalte
flache Hänge

TYPISCHE ERUPTIONSFORMEN

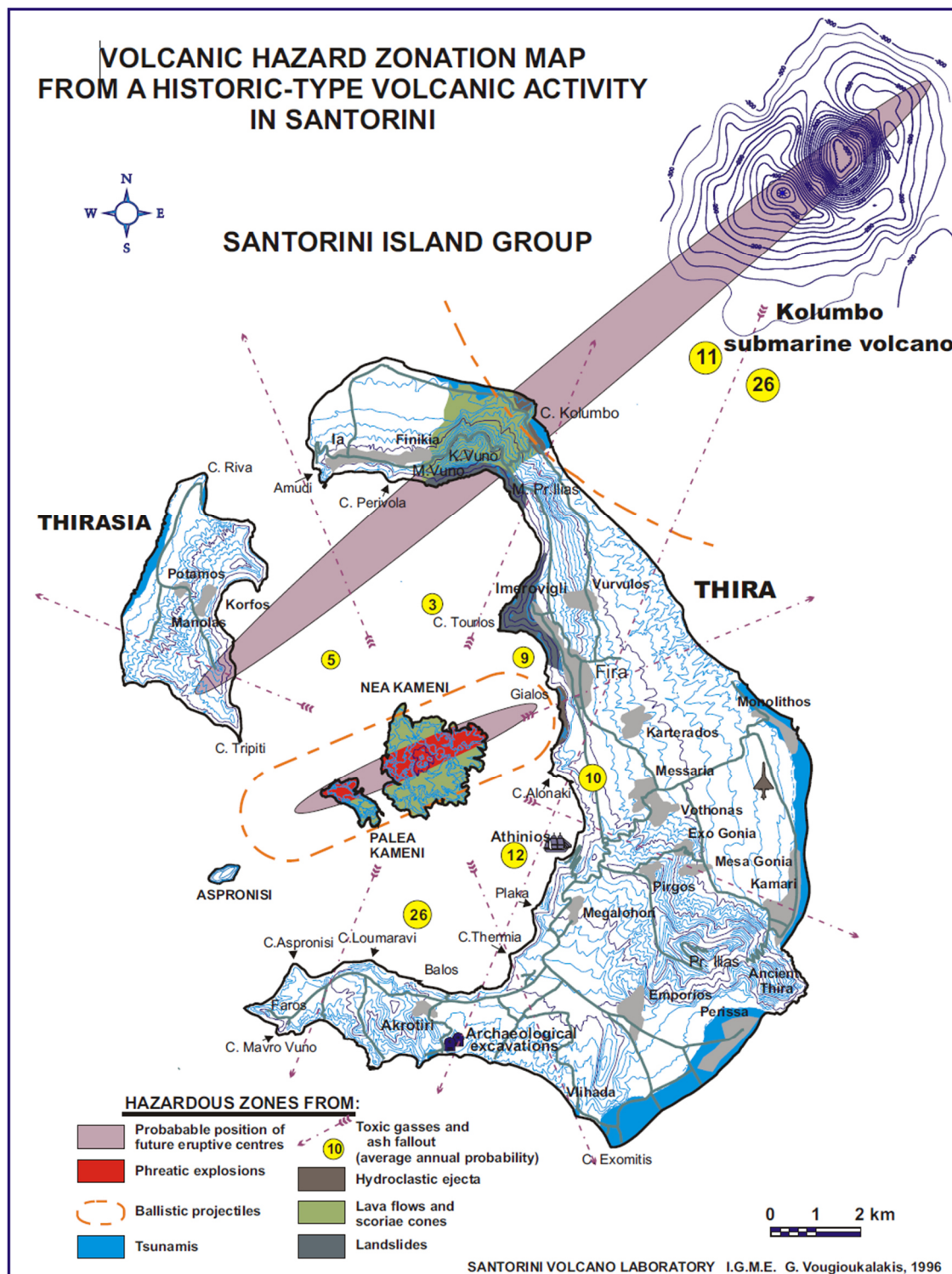


dünnflüssige Lava
Lavafontänen

BEISPIELE: Laki Grimsvötn, Island | Tarawera Neuseeland | tritt auch an Hängen anderer Vulkanformen auf

Quelle: <https://www.eskp.de/grundlagen/naturgefahren/vulkantypen-935417/#images-9>;
abgerufen am 15.10.2020

B Gefahrenkarte Santorini



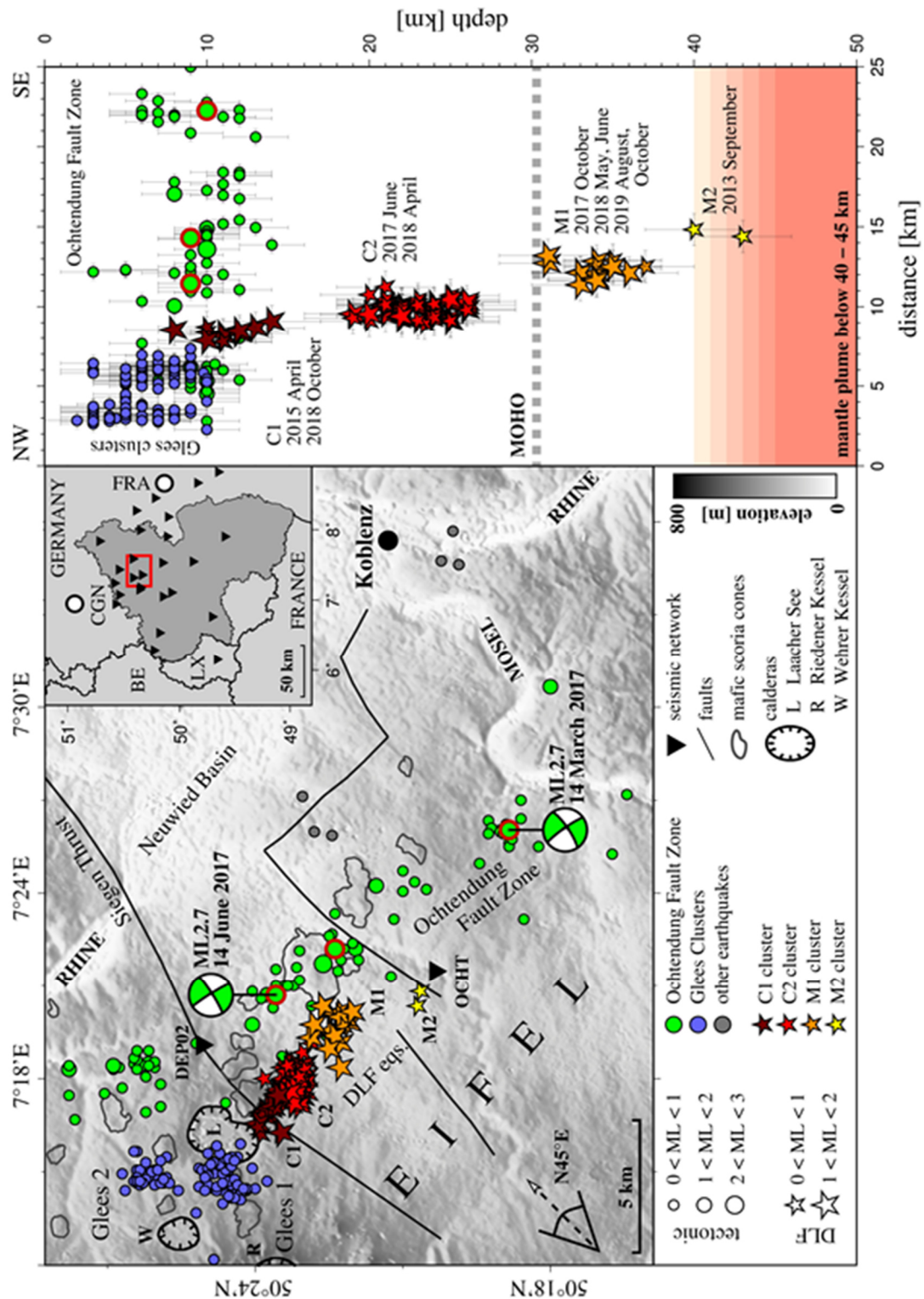
Quelle: https://www.santorini.net/wp-content/uploads/Volcanic_Hazard_Zonation_Map.pdf;
abgerufen am 22.11.2020

C Vulkangefahrenkarte Island

[illegible]

Quelle: <https://www.almannavarnir.is/utgefid-efni/katla-myrdalsjokull/?wpdmdl=22272>
abgerufen am 22.11.2020

D Grafik DLF-Erdbeben Eifel



Quelle: Martin Hensch, E-Mail vom 25.10.2020
aktualisiert von Hensch et al. (2019)

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit versichere ich, Klaus Susebach, die vorliegende Arbeit selbständig, ohne fremde Hilfe und ohne Benutzung anderer als der von mir angegebenen Quellen angefertigt zu haben. Alle aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche gekennzeichnet. Die Arbeit wurde noch keiner Prüfungsbehörde in gleicher oder ähnlicher Form vorgelegt.

Ziegenhagen, 16. Dezember 2020

.....
Klaus Susebach

Datenträger