

Deutsche Vulkanologische Gesellschaft e.V.

Brauerstraße 5

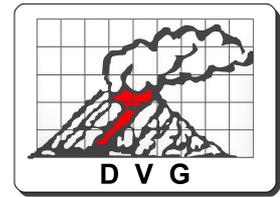
56743 Mendig

Tel. 02652 / 806 99 99

E-Mail: dv@vulkane.de

Internet: www.vulkane.de

Instagram: [dvg.media](https://www.instagram.com/dvg.media)



DVG-INFO – Rundbrief 1/2022

01.06.2022

„Pulverfass“ Vulkaneifel(?)

Sehr geehrte, liebe Mitglieder der Deutschen Vulkanologischen Gesellschaft (DVG)

In Presse- und Fernsehberichten liest und hört man immer wieder von möglichen Vulkangefahren in der Eifel, mal mehr und mal weniger journalistisch aufgebauscht. Aus diesem Grund möchte der Vorstand der DVG in Abstimmung mit seinem wissenschaftlichen Beirat eine auch auf englischsprachiger Literatur basierte deutschsprachige Zusammenfassung der vulkanologischen Situation in der Eifel für ihre Mitglieder geben.

Kurzfassung

Im oberen Erdmantel unterhalb der Eifel lässt sich ein Bereich erhöhter Temperatur und/oder Volatilgehalte nachweisen, in dem es aufgrund der geringen Tiefenlage von unter 100km zum teilweisen Anschmelzen des Mantelgesteins kommen kann. Ab der derzeitigen Oberkante in 45km werden bis zur Erdoberfläche Erdbeben nachgewiesen, die nicht tektonischer Natur sind, sondern durch Fluidbewegungen verursacht werden. Sollte es sich dabei nicht nur um CO₂-Gase, sondern auch um Magma handeln, dann wären die Eifel-typischen Ausbruchsszenarien, wie Entstehung von Schlackenkegeln mit kurzen Lavaströmen oder Maar-Explosionen, denkbar, die lokal großen Schaden anrichten könnten, aber kaum überregionale Folgen haben würden. Die Vorwarnzeiten hierfür wären relativ kurz, wahrscheinlich im Bereich von Monaten bis Jahren. Derzeit gibt es jedoch keinerlei Hinweise darauf, dass sich derartiges ereignen könnte. Es ist nicht auszuschließen, dass sich aktuell oder zukünftig wieder Magma in der Erdkruste anreichert, wie es in der Eifel zum letzten Mal vor dem Ausbruch des Laacher Sees vor ca. 13.000 Jahren geschah. Bis sich ein derartiges, überregional-katastrophales Ausbruchsgeschehen wiederholen könnte, müssen noch viele 10.000 Jahre vergehen. Eine Aussage der Art „In der Eifel bricht im Mittel alle 5.000 bis 10.000 Jahre ein Vulkan aus“ ist eine Missdeutung des historischen Ausbruchsgeschehens und sachlich falsch. In der Osteifel erfolgten die Ausbrüche in Pulsen, die jeweils etwa 200.000 Jahre voneinander getrennt waren und über mehrere 10.000 Jahre andauerten. Innerhalb der Dauer eines solchen Pulses erfolgten weniger als 50 Ausbrüche in 50.000 Jahren.

Insgesamt ist es wahrscheinlich, dass es wieder zu Vulkanausbrüchen im Bereich der Eifel oder ihres direkten Umfeldes kommen wird. Der Vulkanismus in der Eifel ist nicht erloschen, er ist eher ruhend.

Ehrenvorsitzende: Prof. Dr. Hans-Ulrich Schmincke, Heinz Lempertz, Landrat a. D. Albert Berg-Winters
Vorstand: Landrat Dr. jur. Alexander Saftig (Vorsitzender), Prof. Dr. rer. nat. Lothar Viereck (Stv. Vorsitzender), Wolfgang Kostka (Geschäftsführer), Oliver Löhr (Schatzmeister), Kerstin Bär, Dr. rer. nat. habil. Helmut Endres, Hans-Jörg Gelhard, Dr. rer. nat. Martin Hensch, Dr.-Ing. habil. Hans-Jörg Hunger, Dr. rer. nat. Martin Kozziol, Dr. rer. nat. Volker Reppke, Wolfgang Riedel, Dr. phil. Karl-Heinz Schumacher, Dorothea Maria Schwab
Bankverbindungen: Kreissparkasse Mayen, IBAN: DE70 5765 0010 0160 0272 72 BIC: MALADE51MYN
Volksbank RheinAhrEifel, IBAN: DE41 5776 1591 0101 2370 00 BIC: GENODED1BNA
Spendenbescheinigungen werden bei Vermerk „Spende DVG“ gerne ausgestellt.

Seismologische Beobachtungen: Der Eifel-Plume und niederfrequente Tiefenbeben

Seismologische Messungen zeigen, dass sich unterhalb der Eifel im Bereich des oberen Erdmantels eine ungefähr 100 km breite und mehr als 400 km hinabreichende Zone befindet, in der die Geschwindigkeit von Erbebenwellen verringert ist. Hieraus lässt sich schließen, dass das Gestein in diesem Bereich einen anderen chemischen oder physikalischen Zustand aufweist als außerhalb, wodurch seine Dichte vermindert ist. Eine Interpretationsmöglichkeit liegt in einer veränderten Gesteins-Zusammensetzung, beispielsweise einem höheren Gehalt an Volatilen. Eine andere Interpretationsmöglichkeit besteht in einer im Vergleich zur Umgebung erhöhten Temperatur. In diesem Fall müsste man annehmen, dass die Temperatur mit 1.000 bis 1.400 °C um 100 bis 200 ° höher liegt als im umgebenden Mantelgestein. Diese heiße Mantelaufwölbung wurde von ihrem Entdecker als „Eifel-Plume“ bezeichnet,¹⁾ auch wenn dieser Bereich deutlich kleiner ist als die Mantel-Plumes, die man unter Hawaii oder dem Yellowstone-Gebiet vermutet. Im Bereich des Plumes sollte gemäß dessen thermischer Interpretation ein geringer Anteil des Gesteins in geschmolzenem Zustand vorliegen. Das obere Ende dieser „Eifel-Plume“ genannten Geschwindigkeitsanomalie endet etwa 50 km unterhalb der Erdoberfläche, liegt also etwa 20 km unterhalb der Kruste-Mantel-Grenze. Diese ist unterhalb der Eifel aufgewölbt und liegt bei einer Tiefe von etwa 30 km.

Nach dem Ausbau des seismologischen Messnetzes vor rund zehn Jahren wurden im Jahr 2013 unter dem Osteifel-Vulkanfeld erstmals sogenannte „niederfrequente Tiefenbeben“ (DLF-Beben: „deep low-frequency“-Beben) nachgewiesen²⁾, die seitdem regelmäßig beobachtet werden. Deren Herde erstrecken sich aus einer Tiefe von 45 km bis in die obere Erdkruste und deuten darauf hin, dass Fluide (Magma, überkritische wässrige Lösungen, Gase?) in die Erdkruste aufsteigen. Mit großer Wahrscheinlichkeit traten solche DLF-Erdbeben bereits vor 2013 auf, können aber erst mit der neuesten Messtechnik detektiert und ausgewertet werden. Die bisherigen Beobachtungszeiträume sowohl für den Eifel-Plume als auch für die DLF-Beben lassen keine Aussagen über deren zeitliche Entwicklung zu. Das Landesamt für Geologie und Bergbau von Rheinland-Pfalz hat 2019 die Beobachtung und die Deutung der DLF-Beben leicht verständlich zusammengefasst.³⁾

Der derzeitige geophysikalische Kenntnisstand zur magmatischen Situation der Eifel wurde in 2020 von einem Autorenkollektiv unter Führung des Geoforschungszentrums Potsdam dargestellt.⁴⁾

Hebung der Eifel

Die Eifel hebt sich seit mindestens 20 Millionen Jahren, wie das radiale Abflusssystem des Kelberger Hochs anzeigt.⁵⁾ Die relative Höhenlage der pleistozänen Rhein- und Nebenfluss-Terrassen belegt, dass die Hebung innerhalb der letzten 800.000 Jahren mit einer mittleren Rate von 0,2 mm/Jahr, lokal von mehr als 0,3 mm/Jahr erfolgte, jedoch mit starken zeitlichen Schwankungen.^{6,7)} Nivellement-Messungen ergaben dagegen im 20. Jahrhundert lokal überdurchschnittliche Hebungsraten von 1mm/Jahr.⁷⁾ Derzeit liegt die durch Satellitenmessungen bestimmte maximale Hebungsrate von 1 mm/Jahr in einem Gebiet nordwestlich des Westeifel-Vulkangebiets.⁸⁾ Die verstärkte Rezenthebung wird von denjenigen Wissenschaftlern, die eine thermische Ursache als Verzögerung der Erbebenwellen im Bereich des sog. Eifel-Plumes annehmen, auf eine Volumenzunahme des Gesteins durch den Wärmefluss aus dem Eifel-Plume zurückgeführt. Sie wird nicht als Hinweis für die Ansammlung von Magma unterhalb der Eifel gewertet.

Kohlenstoffdioxid (CO₂, „Kohlensäure“) – Austritte

Im Bereich der Eifel auch außerhalb der west- und osteifeler Vulkanfelder gibt es hunderte von Stellen, an denen CO₂ – haltige Quellen („Säuerlinge“) oder gasförmiges CO₂ („Mofetten“) auftreten. Im Bereich der Osteifel sind sie besonders ausgeprägt im Gebiet von Wehr, Gleys und Laacher See. Untersuchungen der Isotopenzusammensetzung der Edelgase, die das CO₂ begleiten, legen nahe, dass die Gase in der Osteifel aus dem Erdmantel und nicht aus radiogenen Zerfallsprozessen in der Erdkruste stammen.^{9,10)} Als Quelle wird die Gasfreisetzung durch Kristallisationsprozesse in Magmen an der Basis der Erdkruste angesehen. Über das Alter des angenommenen Magmas lassen sich keine Aussagen ableiten.

Historisches Ausbruchsgeschehen und Ausbruchstypen, mögliche Ausbruchsszenarien

Bisher sind im Bereich der Eifel vorrangig alkalische, sog. SiO_2 -untersättigte basaltische Magmen eruptiert, d.h. Magmen, die neben Feldspäten auch Feldspatvertreter wie Nephelin und Leuzit, und aufgrund ihres Schwefelgehalts auch Minerale der Nosean-Häüyn Mischreihe enthalten. Die Magmen wurden während ihres Aufstiegs aus dem Erdmantel nur geringfügig durch abkühlungsbedingte Mineralkristallisation verändert und waren daher relativ dünnflüssig (vergleichbar mit Ketchup bei Raumtemperatur). Das bedeutet, dass Gase vergleichsweise gut entweichen konnten, so dass überwiegend keine hoch-explosiven katastrophalen Eruptionen erfolgten. Bei einem Ausbruch bilden sie in der Regel Schlackenkegel und kurze Lavaströme, haben also nur lokal begrenzte Auswirkungen. Allerdings begannen Ausbrüche häufig mit Maar-Explosionen, wenn das aufsteigende Magma auf Grundwasser traf.¹¹⁾ Beide Arten von Eruptionen könnten heute die lokale Infrastruktur zerstören bzw. unter Schlacke, Asche und Lava begraben.

In einigen Fällen sammelte sich Magma über mehrere 10.000 Jahre vor dem Ausbruch in sog. Magmakammern innerhalb der Erdkruste, so in Rieden, Wehr und unter dem Laacher See.¹²⁾ Beim Abkühlen kristallisierten Mg-, Fe-, Ca-reiche Minerale aus, wodurch der relative SiO_2 -Gehalt des Restmagmas sowie die relative Konzentrationen an Volatilen (besonders Wasser) anstiegen. Das Magma wurde dann zäher (mit einer ähnlichen Konsistenz wie Erdnussbutter) und aufgrund des erhöhten inneren Gasdrucks explosiver. Dies kann zu katastrophalen plinianischen Eruptionen mit weit verbreiteten Fallablagerungen und lokalen pyroklastischen Strömen führen, wie es bei der Eruption des Laacher See Vulkans geschah.¹¹⁾ Im Falle dieses Vulkans konnte man anhand des Aufbaus von in der Magmakammer gewachsenen Kristallen zeigen, dass das Magma vor dem Ausbruch seit mindestens 30.000 Jahre in der Magmakammer abkühlte und kristallisierte, wobei der Inhalt der Magmakammer hin und wieder mit heißem Magma nachgefüllt wurde.^{12),13)} Selbst wenn man die vorstehend genannten DLF-Beben dahingehend interpretiert, dass sie Intrusionen von Magma in die Erdkruste im Bereich des Laacher See - Vulkans anzeigen, so wäre für eine mögliche Wiederholung des Ausbruchsszenarios zu erwarten, dass noch mehr als 20.000 Jahre vergehen müssten, bis sich die damaligen Eruptionsbedingungen wieder eingestellt haben.

Das Eruptionsgeschehen verlief in den letzten 600.000 Jahren in der Osteifel nicht gleichmäßig über die Zeit verteilt, sondern geschah episodisch in Pulsen von etwa 50.000 Jahren Dauer und räumlich eingegrenzt, wobei sich die Zusammensetzung der basaltischen Magmen systematisch änderte¹⁴⁾ : ab 600.000 Jahre eruptierten melilith-nephelinitische Magmen, deren Bildungstiefe im Erdmantel experimentell mit etwa 110-95 km bestimmt wird¹⁵⁾, im Norden des Vulkanfeldes, ab 440.000 Jahre nephelinitische und leuzititische Magmen mit einer Bildungstiefe von 95-80 km¹⁵⁾ im Westen, und ab 220.000 Jahre basanitische Magmen mit einer Bildungstiefe von ca. 80-60 km¹⁵⁾ im Osten. D.h., alle Episoden könnten aus dem bereits seit mehreren 100.000 Jahre aufsteigenden Eifel-Plume erzeugt worden sein. Wäre das so, dann hätte sich der Eifel-Plume in dieser Zeit mit nahezu 0,1 m pro Jahr aufwärts bewegt. Zwischen den Eruptionspulsen lagen jeweils mehrere 10.000 Jahre ohne bzw. mit nur geringer vulkanischer Aktivität in der Osteifel. Es ist daher nicht sinnvoll, aus den vorliegenden Daten einen „mittleren zeitlichen Abstand“ zwischen einzelnen Vulkanausbrüchen ableiten zu wollen. Man könnte aber spekulieren, dass die niedrig-frequenten Erdbeben in der geringen Tiefe von nur 45 km ein Resultat der Schmelzbildung einer zukünftigen Ausbruchsepisode sein könnten.

Überwachung der Vulkaneifel und Vorwarnzeiten

Die seismische Überwachung insbesondere der Osteifel wurde in den letzten Jahren vom Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz systematisch ausgebaut. Die gesammelten seismischen Daten werden in Echtzeit zum Erdbebendienst Südwest nach Freiburg übertragen und dort rund um die Uhr automatisch analysiert. Detektierte Erdbeben werden im Anschluss durch seismologisches Fachpersonal manuell ausgewertet und hinsichtlich ihrer Ursache bewertet. Bei stärkeren Erdbeben oder anhaltender Erdbebenserien geschieht diese manuelle Auswertung auch nachts und an Wochenenden, da die automatische Benachrichtigung an die Mitarbeitenden des Erdbebendienstes binnen weniger Minuten nach einem Erdbebenereignis erfolgt. Bei Bedarf werden das Lagezentrum des rheinland-pfälzischen Innenministeriums sowie weitere Behörden umgehend informiert.

Da es in Südwestdeutschland mehrmals im Jahr zu kleineren, spürbaren tektonischen Erdbeben kommt, ist dieser Alarmierungs- und Kommunikationsablauf erprobt und bewährt. Somit würde auch eine auf einen möglicherweise

bevorstehenden Vulkanausbruch hinweisende Veränderung der Erdbebenaktivität kurzfristig erkannt und kommuniziert werden.³⁾

Potentielle Anzeichen erhöhter Ausbruchsfahr

Eine zunehmende magmatische Aktivität könnte aus unterschiedlichen Anzeichen abgeleitet werden:

- Zunahme der Menge und Änderung der Zusammensetzung austretender Gase, z.B. Nachweis von Schwefel
- erhöhter Wärmefluss,
- verstärkte Anhebung der Erdoberfläche,
- erhöhte seismische Aktivität und Veränderungen im seismischen Aktivitätsmuster (Auftreten hochfrequenter Erdbebenschwärme oder vulkanischer Tremorbeben).

Die aktuellen Beobachtungen, insbesondere in der Osteifel, weisen derzeit nicht auf solche Anzeichen hin. Doch muss darauf hingewiesen werden, dass die Datengrundlage noch sehr lückenhaft ist. Daher wird noch in diesem Jahr ein seit langem angestrebtes seismisches Experiment unter Leitung des Geoforschungszentrum Potsdam begonnen, um festzustellen, ob sich bereits neue Magmen in der Erdkruste der Osteifel oder an ihrer Basis befinden oder ob noch alte Reste nachgewiesen werden können. Die Ergebnisse könnten einen Quantensprung im Kenntnisstand der magmatischen Systeme in der Osteifel darstellen.

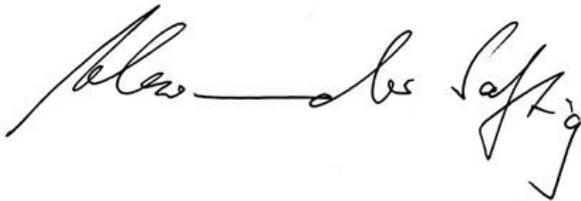
(Verfasser: Dr. habil. Helmut Endres, Prof. Dr. Lothar Viereck, Dr. Martin Hensch)

Literatur

- ¹⁾ Ritter, J.R.R. (2007): The seismic signature of the Eifel plume. – In: Ritter, J.R.R., Christensen, U.R. (Hrsg.) Mantle Plumes – A multidisciplinary approach. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, 379-404.
- ²⁾ 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). *Geophys. J. Int.* 216, 2025-2036
<https://doi.org/10.1093/gji/ggy532>
- ³⁾ Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz (2019): Ungewöhnlich tiefe Erdbeben geben Hinweise auf Bewegungen magmatischer Fluide unter dem Laacher See (Eifel, Rheinland-Pfalz).
<https://www.lgb-rlp.de/aktuelles/detail/news/detail/News/ungewoehnlich-tiefe-erdbeben-geben-hinweise-auf-bewegungen-magmatischer-fluide-unter-dem-laacher-see.html>
- ⁴⁾ Dahm, T., Stiller, M., Mechie, J., Heimann, S., Hensch, M., Woith, H., Schmidt, B., Gabriel, G., Weber, M. (2020): Seismological and geophysical signatures of the deep crustal magma systems of the cenozoic volcanic fields beneath the Eifel, Germany. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems* 21, e2020GC009062.
<https://doi.org/10.1029/2020GC009062>
- ⁵⁾ Büchel, G. (1992): Das Kelberger Hoch. Tiefenstruktur und Geodynamik einer magnetischen Anomalie in der Eifel. *Die Geowissenschaften* 5, 132-142.
- ⁶⁾ Bogaard, P.v.D. & Schmincke, H.-U. (1990): Rheingeschichte zwischen Mosel und Maas. – In: Schirmer, W. (Hrsg.) DEUQUA-Führer 1, 25. Wiss. Tagung der Deutschen Quartärvereinigung 9.-16. September 1990, Düsseldorf, 166-190.
- ⁷⁾ Meyer, W., Stets, J.. (2007): Quaternary Uplift in the Eifel Area. – In: Ritter, J.R.R., Christensen, U.R. (Hrsg.) Mantle Plumes – A multidisciplinary approach. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, 369-378.
- ⁸⁾ Kreemer, C., Blewitt, G., Davis, P.M. (2020): Geodetic evidence for a buoyant mantle plume beneath the Eifel volcanic area, NW Europe. *Geophys. J. Int.* **222**, 1316-1332.
doi: 10.1093/gji/ggaa227

- ⁹⁾ Griesshaber, E., Onions, R. K., & Oxburgh, E. R. (1992): Helium and carbon isotope systematics in crustal fluid from the Eifel, the Rhine Graben and Black-Forest, FRG. *Chemical Geology* 99(4), 213–235.
[https://doi.org/10.1016/0009-2541\(92\)90178-8](https://doi.org/10.1016/0009-2541(92)90178-8)
- ¹⁰⁾ Bräuer, K., Kämpf, H., Niedermann, S., Strauch, G. (2013): Indications for the existence of different magmatic reservoirs beneath the Eifel area (Germany): a multi-isotope (C, N, He, Ne, Ar) approach. *Chemical Geology* 356, 193-208.
- ¹¹⁾ Schmincke, H.-U. (2019): *Vulkane der Eifel: Aufbau, Entstehung und heutige Bedeutung*. 2. Aufl. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, 168 S.
- ¹²⁾ Schmitt, A.K., Wetzell, F., Cooper, K.M., Zou, H., Wörner, G. (2010): Magmatic Longevity of the Laacher See Volcano (Eifel, Germany) indicated by U-Th Dating of Intrusive Carbonatites. *J. Petrology* 51 (5), 1053-1085.

doi:10.1093/petrology/egq011
- ¹³⁾ Rout, S.S., Wörner, G. (2020): Constraints on the pre-eruptive magmatic history of the Quaternary Laacher See volcano (Germany). *Contrib. Mineral. Petrol.* 175:73.
<https://doi.org/10.1007/s00410-020-01710-3>
- ¹⁴⁾ Bogaard, P.v.d., Schmincke H.-U. (1988): Aschenlagen als quartäre Zeitmarken in Mitteleuropa. – *Die Geowissenschaften* 6: 75–84; Weinheim.
- ¹⁵⁾ Green, D.H., Falloon, T.J. (1998): Pyrolite: a ringwood concept and its current expression. – In: Jackson, I. (Hrsg.) *The Earth's Mantle: Composition, Structure, and Evolution*. Cambridge University Press, Cambridge, 311–378.



Dr. Alexander Saftig
DVG-Vorsitzender