

FAQ zu geplanten Forschungsaktivitäten in der Vulkaneifel

(1) Warum wird in der Eifel ein seismologisches Großexperiment geplant

Jüngste Forschungen und Messungen in der Eifel haben die bisherigen Vermutungen der Vulkanologen erhärtet, dass die Vulkane der Eifel nicht erloschen sind sondern eher als „langzeitschlafend“ bezeichnet werden sollten. Neue Erkenntnisse umfassen insbesondere:

(a) Neueste Laboruntersuchungen an Gesteinsproben von Mineralen, die bei dem letzten Ausbruch des Laacher Sees an die Oberfläche transportiert wurden, konnten zeigen, dass sich das Magmareservoir in der oberen Kruste unter dem Laacher See über einen Zeitraum von 30.000 Jahren nicht abgekühlt hatte und mehrfach durch Zufluss von frischen, heißen Magmen aus dem oberen Mantel erwärmt wurde (*Rout & Wörner, 2020*). Die letzte Phase vor dem großen Ausbruch vor 13.000 Jahren ist dann allerdings kurz gewesen, wobei durch Zufluss eines neuen Magmagemisches aus größerer Tiefe der Ausbruch innerhalb von wenigen Wochen oder Tagen ausgelöst wurde (*Sundermeyer et al., 2020*). Wo die Rest-Magmakammer unter dem Laacher See aber genau liegt, und wie groß und in welchem Zustand diese ist, kann die Geophysik bis heute nicht beantworten. Ein seismologisches Großexperiment soll helfen diese Fragen zu klären.

(b) Die Neuauswertung alter seismischer Daten aus den 1970-er und 80-er Jahren mit modernsten Methoden konnte bestätigen, dass sich unter der Ost- und Westeifel weit ausgedehnte Zonen mit ungewöhnlich geringen, seismischen Geschwindigkeiten befinden, die möglicherweise auf heiße Zonen oder auf partielle Schmelzen im Gestein hinweisen (*Dahm et al., 2020*). Solch ausgedehnten Zonen werden in neueren Modellen über trankrustale Magmasysteme unter Vulkanfeldern vorhergesagt. Das seismologische Großexperiment soll diese Zonen genauer untersuchen.

(c) Seit 2013 werden sogenannte tieffrequente Mikrobeben in der Unterkruste und im oberen Mantel unter der Osteifel beobachtet, sogenannte DLF-Beben (deep low-frequency, siehe *Hensch et al., 2019*). Seismologen gehen davon aus, dass diese Erdbeben mit der Bewegung von magmatischen Fluiden zusammenhängen und Hinweise darauf geben, wo Magmareservoir an der Kruste-Mantel Grenze und im oberen Mantel heute noch aktiv sind. Das geplante Großexperiment soll die Struktur und den Zustand der Unterkruste und des oberen Mantels im Bereich der vermuteten Schmelzansammlungszonen durch tomographische und andere Abbildungsverfahren genauer untersuchen.

(d) Geophysiker vermuten seit Jahren, dass die Verteilung und Lage der Vulkanfelder der Eifel auch durch tektonische Prozesse im Rheinischen Schild und des Rheingrabens im Zusammenspiel mit dem heutigen Spannungsfeld der Erdkruste kontrolliert wird. Das geplante Experiment wird helfen diese Zusammenhänge zu entschlüsseln.

(2) Sollte die kontinuierliche Überwachung der Vulkaneifel weiter verbessert werden?

Die kontinuierliche Überwachung der Eifel sollte aus wissenschaftlicher Sicht erweitert und weiter verbessert werden. In den letzten Jahren wurde die seismische Überwachung systematisch ausgebaut. Die rund um die Uhr erhobenen Daten werden in Echtzeit zum Erdbebendienst Südwest übertragen und dort ständig automatisch analysiert. Eine manuelle Auswertung durch einen Seismologen erfolgt im Anschluss an die automatische Auswertung, bei Bedarf auch außerhalb der Bürozeiten. In den letzten zwei Jahren wurden erste Multiparameterstationen im Bereich des Laacher Sees durch mehrere Institute aufgebaut, welche zusätzlich kleine Hebungen oder Senkungen des Bodens detektieren können und Änderungen an Fluidaustrittsstellen. Ein Ziel der Wissenschaft ist es, diese Messsysteme weiter zu verbessern und langfristig in ein gemeinsames Datensystem zu integrieren, so wie es an vielen Observatorien weltweit zur Überwachung von aktiven Vulkanen gemacht wird. Mittelfristig soll in der Eifel ein „virtuelles“ Vulkanobservatorium entstehen, in dem Experten aus unterschiedlichen Universitäten, Forschungsinstitutionen und Landesämtern zusammen arbeiten.

FAQ zur Magmatischen Aktivität in der Osteifel und „Deep Low Frequency“ Erdbeben

(Siehe auch: <https://www.lgb-rlp.de/aktuelles/detail/news/detail/News/ungewoehnlich-tiefe-erdbeben-geben-hinweise-auf-bewegungen-magmatischer-fluide-unter-dem-laacher-see.html>)

(3) Was sind die bisherigen Hinweise auf aufgeschmolzenes Gestein (Magmen) unter dem Laacher See?

Der Krater des Laacher See Vulkans entstand bei einem großen Ausbruch vor etwa 13.000 Jahren. Mehrere Kubikkilometer Magma wurden damals aus einer Magmenkammer in 5 km bis 8 km Tiefe an die Oberfläche gefördert. Die Ascheablagerungen des explosiven Ausbruchs konnten sogar bis nach Schweden und Norditalien nachgewiesen werden. Obwohl die vulkanische Aktivität in der Ost- und Westeifel während der letzten 450.000 Jahre gut untersucht wurde und rekonstruiert werden konnte, ist bis heute umstritten, wie groß die Gefahr eines neuen Vulkanausbruchs in der Eifel ist. Hinweise auf aktive magmatische Prozesse beschränkten sich bisher auf isotopenchemische Untersuchungen von CO₂-Gasen, die an der Erdoberfläche entweichen. Diese Gasanalysen ließen die Existenz von Magmareservoirs in größeren Tiefen, dem oberen Erdmantel, vermuten. Der obere Erdmantel beginnt in der Eifel unterhalb von etwa 30 km Tiefe, dort wird – großräumig verteilt – teilweise aufgeschmolzenes Gesteinsmaterial vermutet.

(4) Was sind DLF-Erdbeben?

DLF steht für „deep low-frequency“. Es handelt sich hierbei um tieffrequente Kleinstbeben, die zwischen 10 km und 40 km unter der Erdoberfläche in der Osteifel auftreten, also in der mittleren und unteren Erdkruste bzw. unterhalb von etwa 30 km Tiefe im oberen Erdmantel. Tieffrequent bedeutet, dass die dominanten Schwingfrequenzen bei 1-10 Hz liegen und damit deutlich niedriger als bei tektonischen Erdbeben gleicher Stärke. Zudem dauern die Schwingungen oft deutlich länger an. In der Osteifel wurden einzelne DLF-Erdbeben von bis zu 30 Sekunden Dauer beobachtet.

(5) Was unterscheidet die episodisch beobachteten DLF-Erdbeben von den tektonischen Erdbeben, die regelmäßig in der Osteifel auftreten?

In der Osteifel treten tektonische Erdbeben hauptsächlich entlang der Ochtendunger Störung auf, die das Neuwieder Becken nach Westen begrenzt. Die Ochtendunger Störung ist eine strukturgeologische Grenze, die nicht mit dem Vulkanismus zusammenhängt. Die tektonischen Erdbeben sind in der Regel auf Tiefen flacher als 15 km beschränkt. Sie haben dominante Frequenzen von etwa 10 Hz und höher, und sie können gelegentlich bei stärkeren Ereignissen für Menschen spürbar sein.

DLF-Erdbeben unterscheiden sich vor allem durch ihre tieferen Frequenzen (ca. 1-10 Hz) von tektonischen Erdbeben. Zudem erreichen sie Tiefen bis über 40 km. DLF-Erdbeben sind sehr schwach (unter Magnitude 2 auf der Richterskala) und können nicht verspürt werden. Sie treten episodisch auf, wobei bis zu zehn einzelne Beben in Zeiträumen zwischen 40 Sekunden und 10 Minuten beobachtet wurden. Die bisher bekannten DLF-Erdbeben ereigneten sich westlich der Ochtendunger Störung, ihre Tiefe fällt mit dem Abstand zum Laacher See steil nach Südosten ab. Die tiefsten Erdbeben in der Osteifel unterhalb von 40 km sind die tiefsten jemals in Deutschland gemessenen Erdbeben.

Zusammenfassend: DLF-Erdbeben treten bisher nur in einem eng begrenzten Kanal zwischen der Oberkruste und dem Erdmantel in der Osteifel auf, sie sind schwächer und haben eine tiefere

dominante Signalfrequenz als die tektonischen Erdbeben. Seismologen interpretieren DLF-Erdbeben unter Vulkansystemen als magmatisch induziert.

(6) Warum werden die DLF-Erdbeben erst seit 2013 beobachtet?

Der Landeserdbebendienst Rheinland-Pfalz hat in den letzten Jahren sein seismisches Messnetzwerk insbesondere in der Osteifel stark ausgebaut und auf den neuesten Stand der Technik gebracht. Seither sind die technischen Voraussetzungen gegeben, um kleinste Erdbeben – weit unterhalb der menschlichen Wahrnehmungsgrenze – zu detektieren und zuverlässig zu lokalisieren. Es ist daher nicht möglich Rückschlüsse auf die Aktivität vor dieser Zeit zu führen. Es wird aber als wahrscheinlich erachtet, dass es schon vor 2013 DLF-Erdbeben in den jetzt beobachteten vier Clustern gab, die einfach nicht gemessen werden konnten. Nach der ersten Beobachtung tiefer Erdbeben im Jahr 2013 wurde zusätzlich ein seismologisches Forschungsmessnetzwerk vom Karlsruher Institut für Technologie und dem Deutschen GeoForschungsZentrum GFZ in Zusammenarbeit mit dem Verbund Erdbebendienst Südwest installiert. Die gemeinsame Nutzung der seismischen Registrierungen erlaubt nun die detaillierte wissenschaftliche Analyse der Mikroseismizität.

(7) Woraus kann geschlossen werden, dass die DLF-Erdbeben durch die Bewegung magmatischer Fluide verursacht werden und nicht durch tektonische Spannungen?

Seismizitätsstudien an vielen anderen Vulkangebieten weltweit zeigen, dass DFL-Erdbeben durch Fluide im Festgestein verursacht werden. Diese Fluide können Wasser, Magmen oder andere Volatile sein. Die tiefen Frequenzen werden dabei z.B. durch resonante Schwingungen in Gesteinsspalten erzeugt. Ein weiterer Mechanismus ist die Erweiterung bestehender Risse im Gesteinskörper, wenn sich Volatile ausbreiten. Hierzu gibt es auch numerische Simulationsrechnungen / Modellierungen, die zeigen, dass diese Mechanismen tieffrequente Schwingungen anregen.

Die Herdtiefe der DLF-Erdbeben ist größer als es von tektonischen Erdbeben in der Region bekannt ist. Die tektonischen Erdbeben ereignen sich i.a. in der Oberkruste bis in ca. 15 km Tiefe. Die DLF-Erdbeben ereignen sich in der Unterkruste (ca. 15-30 km Tiefe) und im obersten Erdmantel (30-45 km Tiefe). Dort ist es sehr heiß und es werden keine tektonisch verursachten Erdbeben erwartet. Die tiefsten Erdbeben in der Osteifel unterhalb von 40 km sind die tiefsten jemals in Deutschland bestimmten Erdbeben.

(8) Was ist der Verbund Erdbebendienst Südwest?

Die Erdbeben­tätigkeit in Deutschland konzentriert sich zu einem großen Teil in den Regionen entlang des Rheins und angrenzenden Gebieten. Als Nahtstelle Mitteleuropas stellen der Oberrheingraben, das Mittelrheingebiet und die Niederrheinische Bucht eine geologische Schwächezone dar, an der vermehrt Erdbeben auftreten.

Zentrale Einrichtungen zur Messung von Erdbeben in dieser Region sind die Landeserdbebendienste von Rheinland-Pfalz (Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau in Mainz) und von Baden-Württemberg (Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau im Regierungspräsidium Freiburg).

Aus der traditionell engen Kooperation dieser beiden Dienste ist Anfang 2011 der Verbund „Erdbebendienst Südwest“ entstanden. Ziel des Verbundes ist es, Ressourcen zu bündeln, um schnell und zuverlässig über Erdbeben in beiden Bundesländern informieren zu können. Zentrale Aufgaben sind die Übertragung, Auswertung, Qualitätssicherung und Archivierung der seismischen Messdaten, die schnelle Bereitstellung von Erdbebeninformationen, insbesondere die Erdbebenmeldung an die Lagezentren der beiden Landesinnenministerien in Mainz und Stuttgart, sowie eine wissenschaftliche Bearbeitung der Daten.

Die technischen und wissenschaftlichen Aufgaben im Erdbebendienst Südwest sind seither beim Landeserdbebendienst Baden-Württemberg in Freiburg konzentriert. Die weiteren Aufgaben, wie

z.B. Öffentlichkeitsarbeit, Beratung und behördliche Belange, verbleiben bei den jeweils zuständigen Landesdiensten.

Nutzer der Informationen und Daten des Erdbebendienstes Südwest sind Öffentlichkeit, Medien, Polizei und Katastrophenschutz, Betreiber technischer Großanlagen, Versicherungen, Gutachter, Normungsgremien, Behörden und Forschungseinrichtungen.

www.erdbebendienst-suedwest.de

Bzgl. den seismologischen Messungen und der wissenschaftlichen Datenauswertung kooperiert der Erdbebendienst Südwest mit den Erdbebendiensten benachbarter Länder sowie dem Deutschen GeoForschungsZentrum GFZ (www.gfz-potsdam.de).

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* (G3), 21, 9, e2020GC009062. <https://doi.org/10.1029/2020GC009062>

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*, 216, 3, 2025-2036. <https://doi.org/10.1093/gji/ggy532>

Rout, S. S.; Wörner, G. (2020) Constraints on the pre-eruptive magmatic history of the Quaternary Laacher See volcano (Germany). *Contr. Mineral. and Petrol.* 175:73, [10.1007/s00410-020-01710-3](https://doi.org/10.1007/s00410-020-01710-3)

Sundermeyer, et al. (2020) Timescales from magma mixing to eruption in alkaline volcanism in the Eifel volcanic fields, western Germany. *Contrib. Mineral. and Petrol.*, [10.1007/s00410-020-01715-y](https://doi.org/10.1007/s00410-020-01715-y)