

Vulkanische Aktivität

Einordnung	
Prüfschritt	Prüfschritt 1
Wirtsgestein	Kristallines Wirtsgestein
Fachlich-regulatorische Beschreibung	
Fachliche Beschreibung	Anhand des rvSU-Kriteriums wird bewertet, ob in einem Gebiet quartärer Vulkanismus vorliegt oder ob vulkanische Aktivität mit hoher Wahrscheinlichkeit während des Bewertungszeitraums von einer Million Jahren zu erwarten ist.
Bedeutung für die Sicherheit des Endlagersystems	Die Integrität des Wirtsgesteinsbereichs mit Barrierefunktion (WbB) ¹ als wesentliche Barriere muss über den gesamten Bewertungszeitraum von einer Million Jahren gegeben sein. Durch vulkanische Aktivität hervorgerufene Prozesse, wie das Eindringen von Gesteinsschmelzen und Gasen in den Endlagerbereich, können die Integrität des WbB beeinträchtigen.
Thematischer und regulatorischer Bezug	Hauptgruppe „Langfristige Stabilität und Integrität (Erhalt der Barrierewirkung)“ (vgl. BGE 2023/3, S. 27 ff.); § 22 Abs. 2 Nr. 5 StandAG § 7 Abs. 6 Nr. 3 Buchst. e) EndlSiUntV
Anwendungsmethodik	
Kategorisierung	Das Nichterfüllen dieses rvSU-Kriteriums zu Prüfschritt 1 ist hinreichend für die Einstufung in Kategorie D (BGE 2023/3, S. 32), was dadurch begründet ist, dass sich das rvSU-Kriterium an den gesetzlich festgelegten Ausschlusskriterien (§ 22 StandAG) orientiert.
Bewertungsmethodik	Den Ergebnissen von Schreiber & Jentzsch (2021) folgend, gilt das rvSU-Kriterium als nicht erfüllt, wenn vulkanische Aktivität in einem Gebiet derzeit vorkommt oder mit hoher Wahrscheinlichkeit während des Bewertungszeitraums eintritt. Dabei wird ein Sicherheitsabstand von 25 km um Gebiete vulkanischer Aktivität aufgeschlagen.
Bewertungs-/Datengrundlagen	Ergebnisse der Studie „Vulkanische Gefährdung in Deutschland“ von Schreiber & Jentzsch (2021) und die darin ermittelten, von vulkanischer Aktivität betroffenen, georeferenzierten Gebiete. Diesen Ergebnissen liegt die Auswertung von Fachli-

¹ Als WbB wird bis zum Zeitpunkt der konkreten räumlichen Festlegung des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs (ewG) in einem Untersuchungsraum der Wirtsgesteinsbereich bezeichnet, der den ewG aufnehmen kann (verändert nach BGE 2023/6). Innerhalb eines WbB kann theoretisch überall ein ewG platziert werden. Der ewG ist „der Teil eines Gebirges, der bei Endlagersystemen, die wesentlich auf geologischen Barrieren beruhen, im Zusammenwirken mit den technischen und geotechnischen Verschlüssen den sicheren Einschluss der radioaktiven Abfälle in einem Endlager gewährleistet“ (§ 2 Nr. 9 StandAG).

	teratur zu seismischer und mikroseismischer Aktivität, Isotopenanalysen von juvenilen Gasen und geologischen Interpretationen zugrunde.
Wertungsgruppen	
erfüllt	Keine hohe Eintrittswahrscheinlichkeit zukünftiger vulkanischer Aktivität.
nicht erfüllt	Hohe Eintrittswahrscheinlichkeit zukünftiger vulkanischer Aktivität unter Berücksichtigung eines Sicherheitsabstands von 25 km.

1 Fachliche Herleitung des Kriteriums

Das rvSU-Kriterium „Vulkanische Aktivität“ orientiert sich am Ausschlusskriterium „Vulkanische Aktivität“ und ist in § 22 Absatz 2 Nr. 5 StandAG definiert. Ausgeschlossen werden sollen demnach Gebiete, in denen quartärer Vulkanismus vorliegt oder zukünftig vulkanische Aktivität zu erwarten ist.

Unter Vulkanismus werden sämtliche Prozesse und Erscheinungsformen verstanden, die mit dem Austritt von heißen, flüssigen Gesteinsschmelzen und Gasen an der Erdoberfläche verbunden sind. Vulkanismus kann dabei als explosive Eruption, durch z. B. explosives Herausschleudern von Magma, und als effusive Eruption, die durch ein langsames Ausfließen von Magma gekennzeichnet ist, auftreten (Martin & Eiblmaier 2002). Vulkanische Aktivität umfasst neben Vulkanismus auch magmatische Prozesse, die in der Tiefe stattfinden. Mögliche Auswirkungen der vulkanischen Aktivität sind u. a. Hebungen, vulkanische Beben, Bildung von Maaren (explosiv), induzierte Bewegungen an Störungen sowie das Durchschlagen und Aufheizen von Gesteinen im Untergrund durch aufsteigende Magmen oder durch aufsteigende vulkanische Gase. Dadurch kann im Endlagersystem die Integrität der technischen, geotechnischen und insbesondere der wesentlichen geologischen Barriere beeinträchtigt werden.

Um festzustellen, ob ein Wiederaufleben des Vulkanismus möglich sein könnte, können verschiedene Kriterien und Analysemethoden verwendet und kombiniert werden. Die fachliche Herleitung des rvSU-Kriteriums stützt sich auf eine Studie der vulkanischen Gefährdung Deutschlands von Schreiber & Jentzsch (2021). In dieser Studie werden mehrere in früheren Studien untersuchte Parameter von den Autoren analysiert und eine Rangfolge der verschiedenen Parameter festgelegt. Schreiber & Jentzsch (2021) weisen der Seismologie eine wichtige Rolle bei der Erkennung möglicher vulkanischer Aktivitäten zu. Bei der Erforschung des Erdmantels werden teleseismische Untersuchungen eingesetzt, die es ermöglichen, das Vorhandensein und die Konfiguration von thermischen Anomalien im Erdmantel (d. h. Mantel-Plumes) zu bestimmen. Geodätische Untersuchungen der relativen Vertikalbewegungen der Kruste liefern Hinweise auf Massenverschiebungen (und -aufstieg) im Mantel. Darüber hinaus kann die seismische und mikroseismische Aktivität in der Tiefe Informationen über Pfade liefern, entlang derer Magmen zusammen mit Flüssigkeiten und Gasen aufsteigen können. Ergänzt werden diese Untersuchungen durch die Analyse von Gasisotopendaten (z. B. Helium, CO₂), die Hinweise auf Zustände und Veränderungen in magmatischen Systemen in der Tiefe liefern können (Schreiber & Jentzsch 2021, S. 6 und Referenzen darin).

Ein weiteres grundlegendes Kriterium für die Vorhersage der vulkanischen Gefahr nach Schreiber & Jentzsch (2021) ist die Rekonstruktion der vulkanischen Geschichte von Gebieten mit früherer vulkanischer Aktivität. Die Verteilung der Vulkanite, ihr Ursprung und Alter geben Hinweise auf die Zyklicität vulkanischer Ereignisse in einem Gebiet und liefern so Informationen, auf denen Vorhersagen für zukünftige Aktivitäten basieren können (Schreiber & Jentzsch 2021, S. 6).

2 Details der Anwendungsmethodik

Die Bewertung des rvSU-Kriteriums „Vulkanische Aktivität“ stützt sich auf die Ergebnisse der Studie von Schreiber & Jentzsch (2021). Das rvSU-Kriterium gilt dann als nicht erfüllt, wenn nach Schreiber & Jentzsch (2021) eine hohe Eintrittswahrscheinlichkeit von zukünftiger vulkanischer Aktivität vorliegt. Für die Bewertung des rvSU-Kriteriums werden basierend auf den Ergebnissen der Studie von Schreiber & Jentzsch (2021) Gebiete mit einer hohen Eintrittswahrscheinlichkeit zukünftiger vulkanischer Aktivität unter Berücksichtigung eines erweiterten Sicherheitsabstands von 25 km als ungeeignet für die Endlagerung bewertet (Abbildung 1). Dieser Sicherheitsabstand setzt sich aus der Streuungsbreite um existierende Vulkane und potenzielle Aufstiegswege von 15 km sowie einem Sicherheitszuschlag von 10 km zusammen (Schreiber & Jentzsch 2021). Es wurden Gebiete identifiziert, in denen vulkanische Aktivität in den letzten zehn Millionen Jahren auftrat oder älterer tertiärer Vulkanismus in der Zukunft reaktiviert werden könnte.

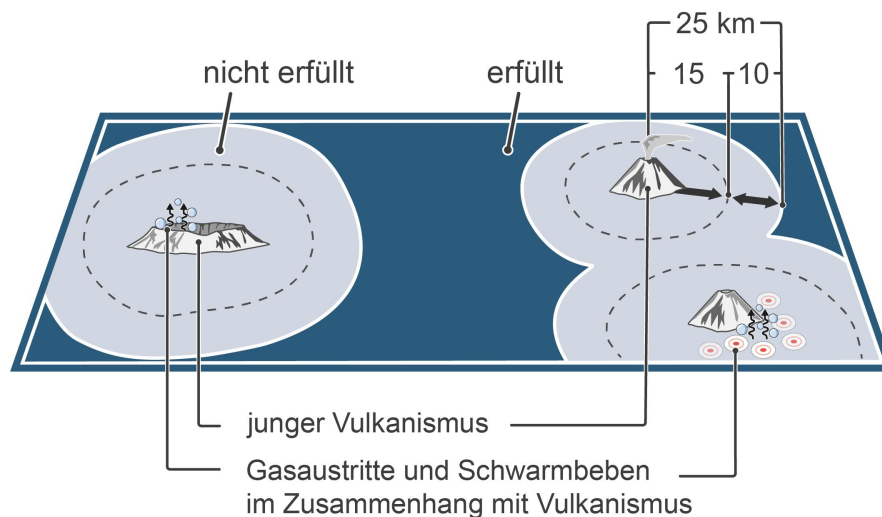


Abbildung 1: Anwendungsmethodik des rvSU-Kriteriums „Vulkanische Aktivität“. Das rvSU-Kriterium wird mit „nicht erfüllt“ bewertet, wenn eine hohe Eintrittswahrscheinlichkeit zukünftiger vulkanischer Aktivität unter Berücksichtigung eines Sicherheitsabstands von 25 km (Spreizungsbreite um existierende Vulkane und potenzielle Aufstiegswege von 15 km sowie Sicherheitszuschlag von 10 km) zu erwarten ist.

Schreiber & Jentzsch (2021) identifizierten zwei Regionen, für die die Eintrittswahrscheinlichkeit vulkanischer Aktivität in den nächsten eine Million Jahren hoch ist (Abbildung 2): die Eifel und das Vogtland an der Grenze zu Tschechien. Sowohl die Eifel als auch das Vogtland sind durch quartären Vulkanismus geprägt und es besteht eine hohe Wahrscheinlichkeit für zukünftige vulkanische Akti-

vität. Im Vogtland sind hohe Seismizität mit Schwarmbeben, aufsteigende Fluide sowie deren isotopische Eigenschaften weitere Anzeichen für mögliche zukünftige vulkanische Aktivität (Schreiber & Jentzsch 2021).

Schreiber & Jentzsch (2021) weisen außerdem zwei weitere Regionen aus, für die eine geringe Wahrscheinlichkeit eines Vulkanausbruchs innerhalb der nächsten eine Million Jahre besteht (Abbildung 2). Diese Gebiete sowie die verbleibenden tertiären Vulkanfelder in Deutschland, für die Schreiber & Jentzsch (2021) aufgrund der langen Inaktivität und fehlender Hinweise aus dem Mantel und den Gaszusammensetzungen nicht von vulkanischer Aktivität in den nächsten eine Million Jahren ausgehen, werden bei Prüfung dieses rvSU-Kriteriums „vulkanische Aktivität“ mit „erfüllt“ bewertet.

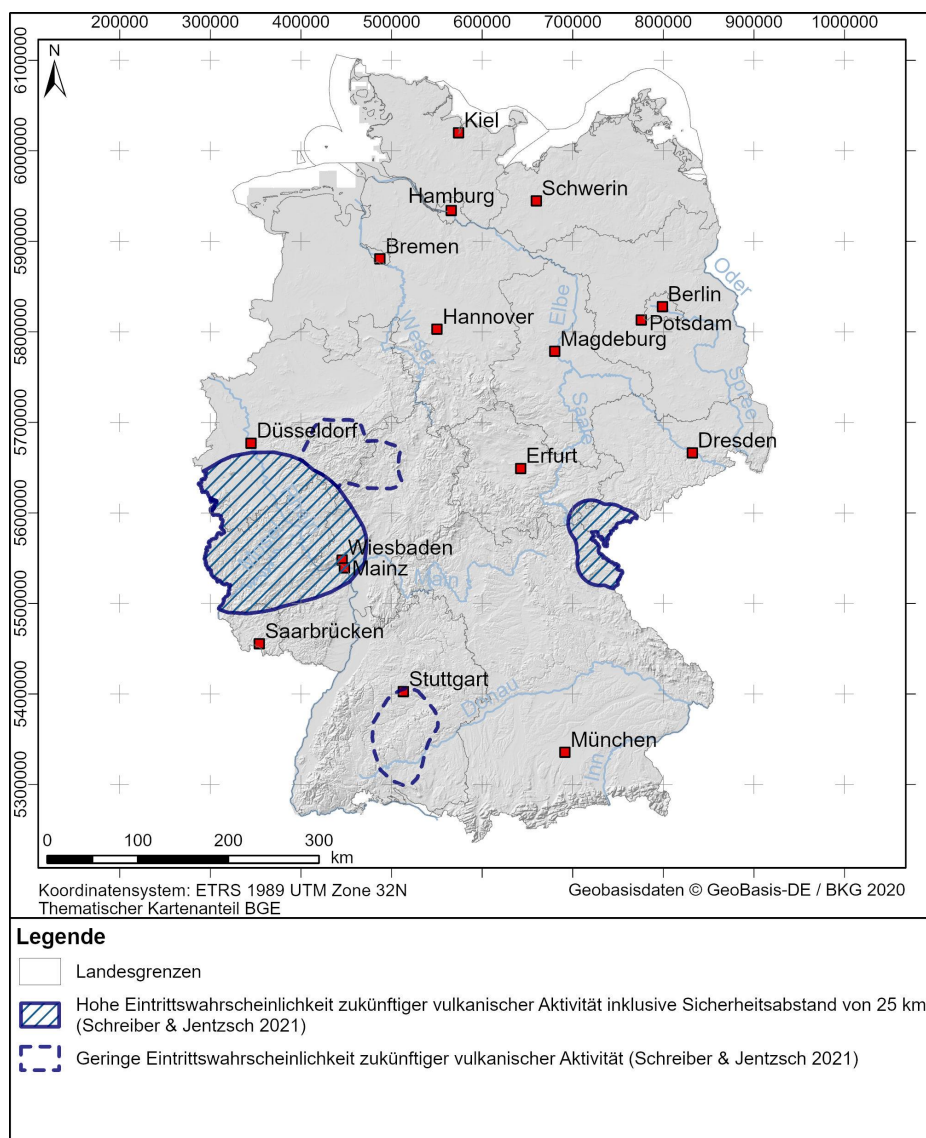


Abbildung 2: Zusammenfassende Übersichtskarte der Gebiete mit geringer bis hoher Eintrittswahrscheinlichkeit nach Schreiber & Jentzsch (2021). Schraffierte Flächen stellen Gebiete mit hoher Wahrscheinlichkeit einer vulkanischen Aktivität in den nächsten eine Million Jahren dar, wobei ein zusätzlicher Sicherheitsabstand von 25 km berücksichtigt wird. Gestrichelte Linien umgrenzen Gebiete mit geringer Wahrscheinlichkeit eines Ausbruchs.

Literatur

- BGE (2023/3): *Vorgehen zur Ermittlung von Standortregionen aus den Teilgebieten*. Peine: Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH. https://www.bge.de/fileadmin/user_upload/Standortsuche/Wesentliche_Unterlagen/Methodik/Phase_I_Schritt_2/20231004_Vorgehen_zur_Ermittlung_von_Standortregionen_aus_den_Teilgebieten_barrierefrei.pdf
- BGE (2023/6): *Glossar der BGE zum Standortauswahlverfahren. Revision: 02*. Peine: Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH. https://www.bge.de/fileadmin/user_upload/Standortsuche/Wesentliche_Unterlagen/Zwischenbericht_Teilgebiete/20200928_Glossar.pdf
- EndlSiUntV: Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung vom 6. Oktober 2020 (BGBl. I S. 2094, 2103)
- Martin, C. & Eiblmaier, M. (2002): *Lexikon der Geowissenschaften. 5. Band: Silc bis Z*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag. ISBN 382740424X
- Schreiber, U. & Jentsch, G. (2021): *Vulkanische Gefährdung in Deutschland*. Bewertung möglicher vulkanischer Aktivitäten der nächsten 1 Million Jahre in Deutschland inklusive Festlegung der Gebiete mit einer Eintrittswahrscheinlichkeit in diesem Zeitraum. Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH. Bonn
- StandAG: Standortauswahlgesetz vom 5. Mai 2017 (BGBl. I S. 1074), das zuletzt durch Artikel 8 des Gesetzes vom 22. März 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 88) geändert worden ist