

Aktive Störungszonen – Impaktereignisse

Einordnung	
Prüfschritt	Prüfschritt 1
Wirtsgestein	Tongestein
Fachlich-regulatorische Beschreibung	
Fachliche Beschreibung	Mit dem rvSU-Kriterium „Aktive Störungszonen“ werden sowohl aktive Störungszonen als auch atektonische Vorgänge bewertet. Zu den atektonischen Vorgängen gehören Einschläge von Meteoriten, die als Impaktereignisse bezeichnet werden. Durch den Einschlag werden die Gesteine im Untergrund kurzzeitig sehr hohen Temperaturen und Drücken ausgesetzt, wodurch es neben Mineralumwandlungen zu intensiver Gesteinszertrümmerung und der Bildung eines Impaktkraters kommt. Es werden ausschließlich bereits erfolgte Impaktereignisse bewertet.
Bedeutung für die Sicherheit des Endlagersystems	Um den sicheren Einschluss der radioaktiven Abfälle zu gewährleisten, muss der Wirtsgesteinsbereich mit Barrierefunktion (WbB) ¹ Fluidbewegungen verhindern. Durch Gesteinszertrümmerungen als Folge eines in der geologischen Vergangenheit erfolgten Impaktereignisses wurden die Barriereigenschaften des WbB beeinträchtigt.
Thematischer und regulatorischer Bezug	Hauptgruppe „Langfristige Stabilität und Integrität (Erhalt der Barriere Wirkung)“ (vgl. BGE 2023/3, S. 27 ff.); § 22 Abs. 2 Nr. 2 StandAG § 7 Abs. 6 Nr. 3 Buchst. e) EndSiUntV
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	Es wird zunächst die Einwirkungstiefe eines identifizierten Impaktereignisses abgeschätzt. Liegt diese tiefer als 300 m unter der Geländeoberkante (GOK) wird in einem zweiten Arbeitsschritt ein Sicherheitsabstand von 1000 m um das Impaktereignis festgelegt.

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).

Bewertungs-/Datengrundlagen	Die Bewertung erfolgt anhand von (hydro-)geologischen Karten und Fachliteratur.
Wertungsgruppen	
erfüllt	Kein Impaktereignis mit Einwirkungstiefe größer 300 m unter GOK vorhanden.
nicht erfüllt	Impaktereignis mit Einwirkungstiefe größer 300 m unter GOK vorhanden.

1 Fachliche Herleitung des Kriteriums

Das rvSU-Kriterium „Aktive Störungszonen – Impaktereignisse“ orientiert sich am Ausschlusskriterium „Aktive Störungszonen“, das in § 22 Abs. 2 Nr. 2 StandAG definiert ist: *„Brüche in den Gesteinsschichten der oberen Erdkruste wie Verwerfungen mit deutlichem Gesteinsversatz sowie ausgedehnte Zerrüttungszonen mit tektonischer Entstehung, an denen nachweislich oder mit großer Wahrscheinlichkeit im Zeitraum Rupel bis heute, also innerhalb der letzten 34 Millionen Jahre, Bewegungen stattgefunden haben. Atektonische beziehungsweise aseismische Vorgänge, also Vorgänge, die nicht aus tektonischen Abläufen abgeleitet werden können oder nicht auf seismische Aktivitäten zurückzuführen sind und die zu ähnlichen Konsequenzen für die Sicherheit eines Endlagers wie tektonische Störungen führen können, sind wie diese zu behandeln.“* Mit dem rvSU-Kriterium „Aktive Störungszonen“ werden sowohl aktive Störungszonen als auch atektonische Vorgänge bewertet. Zu atektonischen Vorgängen werden die Folgen von Impaktereignissen und Subrosion sowie Deformationen durch Gletscherüberfahrung gezählt. Das vorliegende rvSU-Kriterium befasst sich mit den Impaktereignissen.

Bei einem Impaktereignis schlagen Meteoriten oder andere kosmische Körper auf der Erde ein und verursachen dabei Impaktkrater, Impaktite und Gesteinszertrümmerungen im Untergrund. Die Einwirkungstiefe von Impaktereignissen kann dabei mehrere Kilometer erreichen (Martin & Eiblmaier 2000). Beim Einschlag kommt es zu einer Umwandlung der kinetischen Energie in Wärme und Stoßwellen, die zur Impakt- bzw. Stoßwellenmetamorphose des betroffenen Gesteins führen. Die Minerale der Gesteine sind kurzzeitig extrem hohen Drücken und Temperaturen ausgesetzt, wodurch es zur Umwandlung des Mineralbestands, Rissbildung oder auch Druckzwillingsbildung kommt (z. B. Grotzinger & Jordan 2017). Beim Aufprall wird der Meteorit in der Regel vollständig zerstört, sodass keine Reste des Meteoriten im Impaktkrater oder in der Umgebung des Impaktkraters zu finden sind (z. B. Grotzinger & Jordan 2017). Die Auswurfsmassen fallen nach dem Einschlag zum Teil zurück in den Krater oder bilden einen Wall um den Kraterand (Martin & Eiblmaier 2000).

2 Details der Anwendungsmethodik

In Schritt 1 der Phase I wurde um Impaktereignisse mit einer Einwirkungstiefe größer als 300 m unter GOK (analog zu aktiven Störungen) ein Sicherheitsabstand von 1000 m angesetzt (BGE 2020/7, S. 58). Sofern die gestörten Bereiche, die durch das Impaktereignis hervorgerufen wurden, durch den Sicherheitsabstand nicht vollumfänglich abgedeckt werden, kann dieser unter Berücksichtigung gebietsspezifischer Informationen individuell erweitert werden (Abbildung 1). Dabei wird berücksichtigt, dass die Gesteine im Untergrund auch über den in hydrogeologischen Karten

erfassten und geomorphologisch sichtbaren Kraterrand hinaus gestört sein können und die Barriereigenschaften des WbB gegebenenfalls negativ beeinflussen.

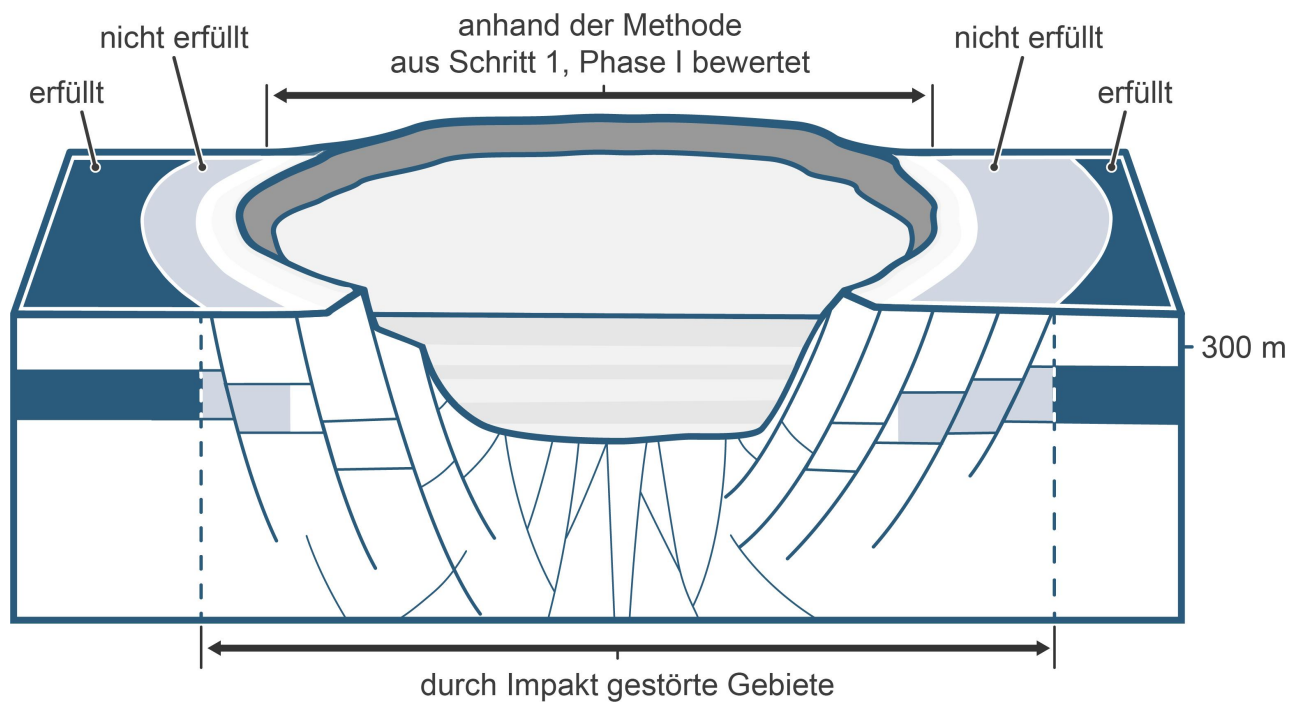


Abbildung 1: Anwendung des rvSU-Kriteriums „Aktive Störungszonen – Impaktereignisse“. Das rvSU-Kriterium wird mit „nicht erfüllt“ bewertet, wenn ein Impaktereignis mit einer Einwirkungstiefe von größer 300 m unter GOK vorhanden ist. Anhand von gebietsspezifischen Informationen zu den vom Impaktereignis gestörten Bereichen im Untergrund wird der im Schritt 1 der Phase I angewendete Sicherheitsabstand von 1000 m um das Impaktereignis ggf. erweitert. Die farblich hervorgehobenen Bereiche im Untergrund stellen den WbB dar.

Literatur

- BGE (2020/7): *Zwischenbericht Teilgebiete gemäß § 13 StandAG*. Peine: Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH. https://www.bge.de/fileadmin/user_upload/Standortsuche/Wesentliche_Unterlagen/Zwischenbericht_Teilgebiete/Zwischenbericht_Teilgebiete_barrierefrei.pdf
- 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)
- Grotzinger, J. & Jordan, T. (2017): *Press-Siever Allgemeine Geologie*. 7. Aufl. Berlin: Springer-Verlag. ISBN 9783662483411. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-662-48342-8>
- Martin, C. & Eiblmaier, M. (2000): *Lexikon der Geowissenschaften. 2. Band: Edu bis Insti*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag. ISBN 3827404215
- 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