

Aktive Störungszonen – Atektonische Vorgänge (Subrosion)

Einordnung	
Prüfschritt	Prüfschritt 1
Wirtsgestein	Steinsalz
Fachlich-regulatorische Beschreibung	
Fachliche Beschreibung	Mit dem rvSU-Kriterium „Aktive Störungszonen“ werden sowohl aktive Störungszonen als auch atektonische Vorgänge bewertet. Zu den atektonischen Vorgängen gehört Subrosion, die zur Ablaugung von wasserlöslichen Gesteinen durch Grundwässer führt. Mit den Subrosionsvorgängen geht eine Volumenreduzierung einher, die sich entweder direkt auf die Mächtigkeit oder Ausdehnung des Wirtsgesteinsbereichs mit Barrierenfunktion (WbB) ¹ auswirkt oder indirekt überlagernde Schichten durch bruchhafte Deformationen schädigen kann.
Bedeutung für die Sicherheit des Endlagersystems	Auswirkungen von Subrosion können die Barrierewirkung des WbB beeinträchtigen. Falls Subrosionserscheinungen vorliegen, ist dies ggf. auch ein Hinweis auf zukünftiges Auftreten von Subrosion – einschließlich negativer Auswirkungen bezüglich der Integrität des WbB.
Thematischer und regulatorischer Bezug	Hauptgruppe „Langfristige Stabilität und Integrität (Erhalt der Barrierewirkung)“ (vgl. BGE 2023/3, S. 27 ff.); § 22 Abs. 2 Nr. 2 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	Anhand geologischer Informationen wird der Entstehungshorizont und die Entstehungstiefe einer Subrosionserscheinung identifiziert. Liegt der Entstehungshorizont innerhalb der regionalen stratigraphischen Einheit, die den WbB enthält (z. B. Zechstein), und in einer Entstehungstiefe von mindestens 300 m unter Geländeoberkante (GOK), wird ein Sicherheitsabstand von 1000 m um die Subrosionserscheinung gezogen.

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).

	Dieser Sicherheitsabstand kann unter Berücksichtigung weiterer Informationen erweitert werden.
Bewertungs-/Datengrundlagen	Die Bewertung erfolgt anhand von (hydro-)geologischen Karten, Schichtenverzeichnissen von Bohrungen und Datensätzen zu Subrosionserscheinungen.
Wertungsgruppen	
erfüllt	Kein Hinweis auf Subrosionserscheinungen mit einer Entstehungstiefe größer als 300 m unter GOK innerhalb der regionalen stratigraphischen Einheit, die den WbB enthält.
nicht erfüllt	Hinweis auf Subrosionserscheinungen mit einer Entstehungstiefe größer als 300 m unter GOK, bei der der Entstehungshorizont innerhalb der regionalen stratigraphischen Einheit, die den WbB enthält, liegt.

1 Fachliche Herleitung des Kriteriums

Das rvSU-Kriterium „Aktive Störungzonen – Atektionische Vorgänge (Subrosion)“ orientiert sich am Ausschlusskriterium „Aktive Störungzonen“ und ist in § 22 Abs. 2 Nr. 2 StandAG definiert: „*Unter einer ‚aktiven Störungzone‘ werden 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. Atektionische 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 Störungzonen“ werden sowohl aktive Störungzonen als auch atektonische Vorgänge bewertet. Zu atektonischen Vorgängen werden die Folgen von Impaktereignissen und Subrosionsprozessen sowie Deformationen durch Gletscherüberfahrung gezählt. Das vorliegende rvSU-Kriterium befasst sich mit den atektonischen Vorgängen im Zusammenhang mit Subrosion.

Subrosion tritt im Wirkungsbereich von grundwasserleitenden Horizonten im Untergrund auf und führt zur Ablaugung von wasserlöslichen Gesteinen. Verschiedene Faktoren, wie die lokalen hydrogeologischen Verhältnisse und der Chemismus des Grundwassers, aber auch klimatische Änderungen und tektonische Prozesse, beeinflussen Subrosionsprozesse. So ist z. B. das Lösungspotenzial von Tiefengrundwässern für die potenzielle subrosive Wirkung im Untergrund entscheidend. Gesättigte und hoch mineralisierte Lösungen haben kein oder ein vergleichsweise geringes Lösungspotenzial. Ungesättigte bzw. gering mineralisierte Lösungen haben dagegen Lösungspotenzial und können subrosiv wirken. Durch die Lösung und Verfrachtung gesteinsbildender Minerale (leichtlösliche Salzgesteine, Sulfate, Karbonate) erfolgt eine Volumenreduzierung, die sich entweder direkt auf die Mächtigkeit und/oder die Ausdehnung des WbB im Wirtsgestein Steinsalz in flacher oder steiler Lagerung auswirkt oder indirekt überlagernde Schichten durch bruchhafte Deformationen schädigt. Letzteres kann auch eine Dekompaktion des WbB zur Folge haben. Subrosive Vorgänge

im Deckgebirge oberhalb des WbB sind von geringerer Bedeutung, da sie sich nicht unmittelbar auf die Einschlusseigenschaften des WbB selbst auswirken müssen.

2 Details der Anwendungsmethodik

Die Anwendung erfolgt für Steinsalz in stratiformer Lagerung für Datensätze zu Subrosionserscheinungen bzw. atektonischen Vorgängen, in denen die Entstehungshorizonte und Entstehungstiefen nicht direkt aufgeführt werden. Diese atektonischen Vorgänge stehen im Zusammenhang mit Subrosionsprozessen, die auf Senkungen oder Einstürze über Lösungshohlräumen zurückzuführen sind (Abbildung 1). Für die Bewertung werden die fehlenden Entstehungshorizonte anhand geologischer Karten und die fehlenden Entstehungstiefen anhand Bohrungsdaten abgeleitet. Befindet sich der Entstehungshorizont innerhalb der regionalen stratigraphischen Einheit, die den WbB enthält (z. B. Zechstein, Buntsandstein), und liegt er tiefer als 300 m unter GOK, wird ein Sicherheitsabstand von 1000 m zu allen Seiten der Subrosionserscheinung angewendet (vgl. BGE 2020/7, S. 58). Innerhalb dieses Sicherheitsabstands wird das rvSU-Kriterium mit „nicht erfüllt“ bewertet (Abbildung 1). Der Sicherheitsabstand von 1000 m ist dabei als Mindestabstand zu verstehen, der in begründeten Fällen erweitert werden kann.

Im Wirtsgestein Steinsalz in steiler Lagerung findet das rvSU-Kriterium keine Anwendung, da hier laut Buurman (2010) Lösungsprozesse lediglich primär lokal und im obersten Bereich der Salzstruktur stattfinden (BGE 2020/7, S. 58). Durch die 300 m Salzscheibe zwischen der Obergrenze der Salzstruktur und dem WbB ist Subrosion innerhalb des WbB auszuschließen. Für Salzkissen wird von Fall zu Fall anhand der geologischen Situation überprüft, ob die Anwendung des rvSU-Kriteriums erfolgt oder nicht, also ob das Salzkissen wie Steinsalz in stratiformer oder wie Steinsalz in steiler Lagerung behandelt wird.

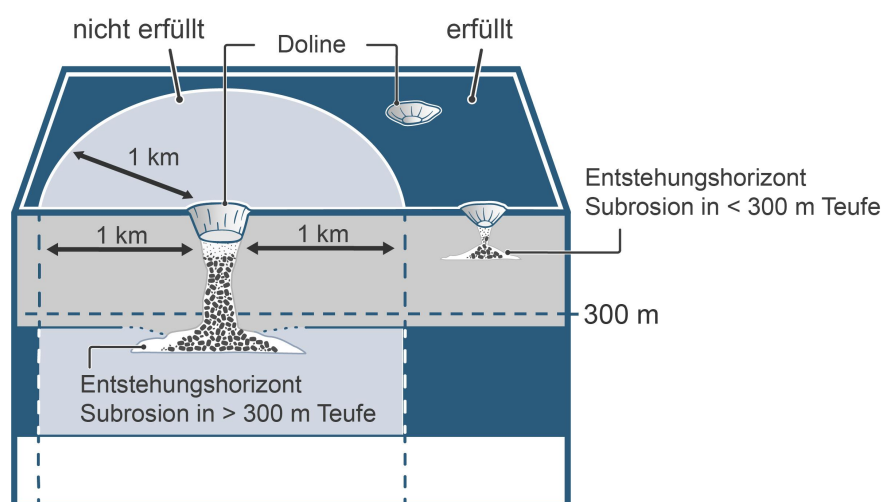


Abbildung 1: Anwendungsmethodik des rvSU-Kriteriums „Aktive Störungszonen – Atektonische Vorgänge“. Das rvSU-Kriterium wird mit „nicht erfüllt“ bewertet, wenn Hinweise auf Subrosionserscheinungen mit einem Entstehungshorizont in der stratigraphischen Einheit des WbB unter Berücksichtigung eines Sicherheitsabstands von 1000 m vorliegen. Die farblich blaugrau und dunkelblau 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)
- 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