

Ungünstige Tiefenlage des Endlagerbergwerks

Einordnung	
Prüfschritt	Prüfschritt 2
Wirtsgestein	Tongestein
Fachlich-regulatorische Beschreibung	
Fachliche Beschreibung	Aus bautechnischer Sicht wird die Realisierung des Endlagerbergwerks durch die Erhöhung der Gebirgstemperatur und der Auflast mit steigender Teufe unter Geländeoberkante (GOK) zunehmend herausfordernd, insbesondere bei Gesteinen, die den Lasten ohne tragende Ausbausysteme nicht standhalten. Zusätzlich liegen im Tongestein in großen Teufen keine bautechnischen Erfahrungen z. B. aus dem Tunnelbau vor.
Bedeutung für die Sicherheit des Endlagersystems	Die zuverlässige bautechnische Realisierung und der sichere Betrieb des Endlagerbergwerks sind eine Voraussetzung für den sicheren Einschluss der radioaktiven Abfälle. Bei einer Realisierung eines Endlagers in großer Teufe liegen im Tongestein zusätzliche Herausforderungen bezüglich der bautechnischen Machbarkeit und Betriebssicherheit vor, ohne dass ein Zugewinn an Langzeitsicherheit erwartet werden kann. Vielmehr können bautechnische Herausforderungen sogar den qualitätsgesicherten Verschluss des Endlagers sowie dessen sicheren Betrieb erschweren.
Thematischer und regulatorischer Bezug	Hauptgruppe „Betriebssicherheit und technische Realisierbarkeit“ (vgl. BGE 2023/3, S. 27 ff.); § 6 Abs. 4 Nr. 2 und 6 EndlSiUntV § 7 Abs. 6 Nr. 4 EndlSiUntV
Anwendungsmethodik	
Kategorisierung	Mittels der weiteren rvSU-Kriterien zu Prüfschritt 2 (BGE 2023/3, S. 35) werden ggf. frühzeitig eindeutige Nachteile eines Gebiets identifiziert. Als weiteres rvSU-Kriterium zu Prüfschritt 2 ist die ungünstige Bewertung dieses rvSU-Kriteriums damit hinreichend für die Nichterfüllung des Prüfschritts 2 und eine Einstufung in Kategorie C.
Bewertungsmethodik	Es erfolgt eine Überprüfung, ob in einem Gebiet der Wirtsgesteinsbereich mit Barrierefunktion (WbB) ¹ ein Endlager mit einem Einlagerungsbereich bis maximal 1000 m unter GOK aufnehmen kann. Dabei wird berücksichtigt, dass die Barrierenmächtigkeit (Abstand zwischen Einlagerungsbereich und Rand des WbB) mindestens 50 m betragen muss.
Bewertungs-/Datengrundlagen	Die Ableitung der ungünstigen Tiefenlage basiert auf einer generischen Beurteilung unter Berücksichtigung gebirgsmecha-

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

	nischer Parameter von Tongesteinen, der vorläufigen Endlagerauslegung und Überlegungen zur bautechnischen Realisierbarkeit. Die Anwendung in den Gebieten erfolgt anhand der räumlichen Lage des WbB, die z. B. auf geologischen 3D-Strukturmodellen oder Bohrungsdaten beruht.
Wertungsgruppen	
nicht ungünstig	Der Einlagerungsbereich liegt maximal 1000 m unter GOK.
ungünstig	Der Einlagerungsbereich liegt tiefer als 1000 m unter GOK.

1 Fachliche Herleitung des Kriteriums

Bei dem rvSU-Kriterium „Ungünstige Tiefenlage des Endlagerbergwerks“ werden bautechnische Aspekte, die sich auf die sichere Errichtung, den sicheren Betrieb und den qualitätsgesicherten Verschluss eines Endlagers auswirken, frühzeitig berücksichtigt. Die Tiefenlage des Einlagerungsbereichs wird nicht für alle Wirtsgesteine anhand einer festgelegten Suchtiefe begrenzt (diese wurde bereits in Schritt 1 der Phase I auf maximal 1500 m unter GOK festgelegt: siehe dazu BGE 2020/10, S. 45 ff.), sondern in Abhängigkeit von repräsentativen gebirgsmechanischen Eigenschaften wirtsgesteinsspezifisch ermittelt. Für Tongestein wird eine ungünstige Tiefenlage für Endlagerbergwerke in Teufen größer als 1000 m unter GOK abgeleitet.

In relativ geringen Tiefenlagen unter GOK lassen sich beispielsweise im Opalinuston Grubenbaue mithilfe von Spritzbeton und Ankern offenhalten. Dies zeigt sich insbesondere im Untertagelabor Mont Terri. In größeren Tiefenlagen unter GOK ist hingegen insbesondere für langlebige Grubenbaue die Notwendigkeit eines tragenden Ausbausystems zu berücksichtigen (Herold et al. 2020). Darüber hinaus ergibt sich aus der Diskussion zwischen Nagra und ENSI in der Etappe 2 des Auswahlverfahrens in der Schweiz, dass die Bandbreite möglicher gebirgsmechanischer Parameter des Opalinustons sehr groß ist und dass ihre Standortabhängigkeit eine etwaige generelle Teufenabhängigkeit deutlich überlagert (Amann & Löw 2009).

Aus bautechnischer Sicht ist es günstig, wenn die Einlagerungssohle in einer Teufe kleiner als 750 m liegt (BGE 2022/2). In geringeren Teufen liegen entsprechende bautechnische Erfahrungen, insbesondere im Tunnelbau, vor, wobei diese mit größeren Teufen stetig abnimmt. Unterhalb von 1000 m liegen keine bautechnischen Erfahrungen aus Tongesteinen vor, die eine Übertragung zulassen würden. Das Betreten von bautechnischem Neuland beim Bau eines Endlagerbergwerks ist mit Blick auf einen reibungslosen und sicheren Bau-, Einlagerungs- und Stilllegungsbetrieb nachteilig. Endlagerbauten in größeren Teufen sind zwar technisch umsetzbar, sollten jedoch nur dann infrage kommen, wenn sie anderweitig deutliche Vorteile bieten (vgl. Argumentation aus Nagra 2016). Hier muss eine Abwägung erfolgen, bei der die potenziellen Herausforderungen größerer Teufen beim Bau, Betrieb und Verschluss in Relation zu einem eventuell möglichen Gewinn an Langzeitsicherheit

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).

gesetzt werden. Unterhalb von 1000 m hingegen überwiegen die Nachteile der bergbaulichen Machbarkeit gegenüber einem theoretischen Gewinn an Langzeitsicherheit, da in diesen Tiefenlagen bereits große Sicherheitsreserven gegenüber den Auswirkungen von Erosionsprozessen bestehen. Daher werden im Tongestein nur Teufen bis 1000 m berücksichtigt (BGE 2022/2).

2 Details der Anwendungsmethodik

Die Tiefenlage und Mächtigkeit des WbB, der ein Endlager aufnehmen kann, variiert in den Gebieten. Entsprechend soll bewertet werden, ob in einem Gebiet ein WbB vorkommt, der ein Endlagerbergwerk oberhalb der ungünstigen Tiefenlage von 1000 m unter GOK aufnehmen kann. Die Bewertung basiert auf der räumlichen Lage des WbB unter Berücksichtigung einer minimalen Barrierenmächtigkeit: Der Abstand zwischen Einlagerungsbereich und Rand des WbB muss mindestens 50 m betragen. Die minimale Barrierenmächtigkeit ergibt sich aus der Berücksichtigung der Mindestanforderung Mächtigkeit (siehe § 23 Abs. 5 Nr. 2 StandAG). Entsprechend werden Gebiete, in denen die Oberfläche des WbB tiefer als 950 m unter GOK bzw. der Einlagerungsbereich tiefer als 1000 m unter GOK liegt, mit „ungünstig“ bewertet (Abbildung 1).

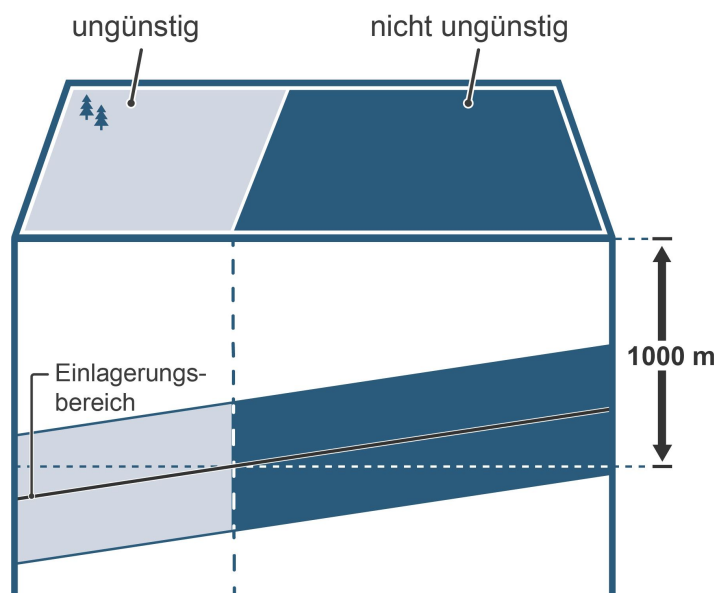


Abbildung 1: Anwendungsmethodik des rvSU-Kriteriums „Ungünstige Tiefenlage des Endlagerbergwerks“. Das rvSU-Kriterium wird mit „ungünstig“ bewertet, wenn der Einlagerungsbereich tiefer als 1000 m unter GOK liegt. Der farblich hervorgehobene Bereich im Untergrund stellt den WbB dar. Innerhalb des WbB ist ein möglicher Einlagerungsbereich als dunkle Linie dargestellt.

Literatur

- Amann, F. & Löw, S. (2009): *Vorschlag geologischer Standortgebiete für das SMA- und das HAA-Lager: Beurteilung und Anwendung der bautechnischen Auswahlkriterien*. Expertenbericht im Rahmen der Beurteilung des Vorschlags geologische Standortgebiete für das SMA- und das HAA-Lager, Etappe 1, Sachplan geologische Tiefenlager. Ingenieurgeologie der ETH Zürich. Zürich, Schweiz
- BGE (2020/10): *Anwendung Mindestanforderungen gemäß § 23 StandAG. Untersetzende Unterlage zum Zwischenbericht Teilgebiete*. Peine: Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH. https://www.bge.de/fileadmin/user_upload/Standortsuche/Wesentliche_Unterlagen/Zwischenbericht_Teilgebiete/Anwendung_MA_gemaess___23_StandAG_Rev._001_barrierefrei.pdf
- BGE (2022/2): *Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung*. Peine: Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH. https://www.bge.de/fileadmin/user_upload/Standortsuche/Wesentliche_Unterlagen/Methodik/Phase_I_Schritt_2/rvSU-Methodik/20220328_Anlage_zu_rvSU_Konzept_Methodenbeschreibung_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)
- Herold, P.; Simo, E.; Räuschel, H.; Engelhardt, H.-J.; te Kook, J.; Pflüger, B.; Scior, C.; Studeny, A. (2020): *Ausbau von Grubenbauen für ein HAW-Endlager in Tongestein - Abschlussbericht*. AGEN.T. BGE TECHNOLOGY GmbH, DMT GmbH & Co. KG. Peine
- Nagra (2016): *ENSI-Nachforderung zum Indikator "Tiefenlage im Hinblick auf bautechnische Machbarkeit" in SGT Etappe 2 - Zusammenfassende Darstellung der Zusatzdokumentation*. Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle. Wettingen, Schweiz
- 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