

## Abfallmengengerüst

Folgende Menge an hochradioaktivem Abfall muss endgelagert werden<sup>1</sup>:

- Ca. 10.100 Mg SM<sup>2</sup> in Form bestrahlter Brennelemente aus den Leistungsreaktoren (laut aktueller Prognose)
- 7.979 Kokillen aus der Wiederaufarbeitung
- 10 bis 12 Mg SM aus den Versuchs-, Demonstrations- und Forschungsreaktoren

## Endlagerbehälterentwicklung

- Die BGE ist mit der Entwicklung der Endlagerbehälter für die hochradioaktiven Abfälle beauftragt worden
- Behälterentwicklung erfolgt wirtsgesteinsspezifisch, d. h. für jedes Wirtsgestein eine separate Bearbeitung
- Abfolge ist gestaffelt:
  - Kristallines Wirtsgestein (insb. ohne einschlusswirksamen Gebirgsbereich - ewG): Ausschreibung veröffentlicht (Januar 2021)
  - Tongestein und Steinsalz in Planung

## Herausforderungen

### Rückholbarkeit

- Bis zum Beginn der Stilllegung
- Technische Einrichtungen sind vorzuhalten (Rückholung ist zu planen)
- Behälterintegrität, Einschluss der radioaktiven Stoffe
- Technischer/zeitlicher Aufwand Rückholung darf den Aufwand Einlagerung nicht unverhältnismäßig übersteigen

### Bergbarkeit

- Bis 500 Jahre nach dem vorgesehenen Verschluss des Endlagers
- Mechanische Stabilität / Handhabung
- Bei Handhabung keine Freisetzung von radioaktiven Aerosolen
- Auffind- / Identifizierbarkeit, umfassende Dokumentation

### Kristallingestein ohne ewG

- Behälter und geotechnische Bauwerke als wesentliche Barriere
- Sehr hohe Anforderungen an Korrosionsbeständigkeit über lange Zeiträume
- Erkenntnisse aus Finnland und Schweden können genutzt werden, Übertragbarkeit ist zu prüfen

<sup>1</sup>: Verzeichnis radioaktiver Abfälle (Bestand zum 31. Dezember 2017 und Prognose), Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, 2017, Bonn.

<sup>2</sup>: „Megagramm Schwermetall (Mg SM) ist die Einheit der Schwermetallmasse und damit ein Maß für den Brennstoffgehalt (Uran, Plutonium und Thorium) eines Brennelements.“ aus Programm für eine verantwortungsvolle und sichere Entsorgung bestrahlter Brennelemente und radioaktiver Abfälle (Nationales Entsorgungsprogramm). Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, 2015, Bonn

### Sicherer Einschluss der radioaktiven Abfälle (§ 4 EndlSiAnfV)<sup>1</sup>

- (1) Die einzulagernden radioaktiven Abfälle sind im Endlagersystem mit dem Ziel zu konzentrieren und sicher einzuschließen, die darin enthaltenen Radionuklide mindestens im Bewertungszeitraum von der Biosphäre fernzuhalten.
- (2) Das vorgesehene Endlagersystem hat den sicheren Einschluss der radioaktiven Abfälle passiv und wartungsfrei durch ein robustes, gestaffeltes System verschiedener Barrieren mit unterschiedlichen Sicherheitsfunktionen zu gewährleisten.
- (3) Die wesentlichen Barrieren zum Erreichen des sicheren Einschlusses der radioaktiven Abfälle sind
  1. ein oder mehrere einschlusswirksame Gebirgsbereiche oder
  2. im Fall des Wirtsgesteins Kristallingestein, sofern kein einschlusswirksamer Gebirgsbereich ausgewiesen werden kann, für die jeweilige geologische Umgebung geeignete technische und geotechnische Barrieren.
- (4) Der sichere Einschluss muss innerhalb der wesentlichen Barrieren nach Absatz 3 so erfolgen, dass die Radionuklide aus den radioaktiven Abfällen weitestgehend am Ort ihrer ursprünglichen Einlagerung verbleiben.

### Multibarrierenkonzept

vereinfachte  
schematische Darstellung

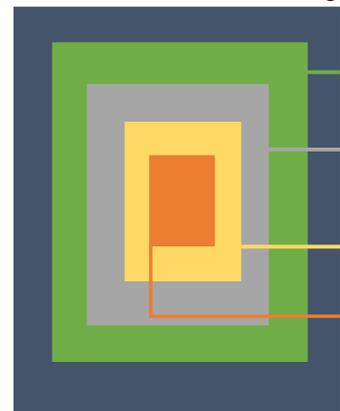


Abb. 1: Schematische Darstellung des Multibarrierenkonzeptes.  
Quelle: BGE

Abfallform	Endlagerbehälter	Versatz/Verfüllung	Schacht- und Streckenverschlüsse	Wirtsgestein
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Technische Barriere</li><li>▪ Brennstoff- bzw. Glasmatrix mit Hüllrohr bzw. Stahlkokille</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Technische Barriere</li><li>▪ Einschluss der radioaktiven Abfälle</li><li>▪ Material u. a. abhängig vom Wirtsgestein, z. B. Stahl oder Kupfer</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Geotechnische Barriere</li><li>▪ Verringerung des Hohlraumvolumens, mechanische Stabilisierung der geologischen Barriere</li><li>▪ Material u. a. abhängig vom Wirtsgestein, z. B. Bentonit oder Salzgrus</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Geotechnische Barriere</li><li>▪ Kompensation der bei der Errichtung des Endlagerbergwerks entstandenen Verletzung der geologischen Barriere</li><li>▪ Material u. a. abhängig vom Wirtsgestein</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Geologische Barriere</li><li>▪ Endlagerung der hochradioaktiven Abfälle in tiefen geologischen Formationen</li><li>▪ Kristallingestein, Steinsalz oder Tongestein</li></ul>

→ Wirksamkeit und Wirkungszeiträume der Barrieren sind abhängig vom Endlagerkonzept

## Vorläufige Auslegung des Endlagers

Für die Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen (§ 14 Abs. 1 StandAG<sup>1</sup>) für die Teilgebiete sind vorläufige Endlagerauslegungen notwendig. Diese vorläufige Auslegung des Endlagers orientiert sich an § 6 Abs. 4 EndlSiUntV<sup>2</sup>:

„Für die repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen nach § 14 Absatz 1 des Standortauswahlgesetzes ist abweichend von Absatz 2 in Übereinstimmung mit dem vorläufigen Sicherheitskonzept folgende vorläufige Auslegung des Endlagers ausreichend:

1. die Beschreibung der wesentlichen Barrieren nach § 4 Absatz 3 der Endlagersicherheitsanforderungsverordnung, deren grundlegende Eigenschaften und deren räumliche Erstreckung sowie die Beschreibung der weiteren Barrieren des Endlagersystems,
2. die maximale Größe eines möglichen Endlagerbergwerkes, einschließlich der Zugangs- und Bewetterungsbauwerke und der Infrastrukturbereiche sowie die geplante Tiefenlage, →
3. die geplante Art der Einlagerung,
4. mögliche Maßnahmen zur Gewährleistung der Rückholbarkeit bereits eingelagerter Endlagergebilde,
5. mögliche Verschluss- und Versatzmaßnahmen und
6. mögliche Maßnahmen zur Geringhaltung der Schädigung der wesentlichen Barrieren während der Erkundung, der Errichtung, dem Betrieb und der Stilllegung des Endlagers.“

→ Arbeiten zu anderen Aspekten noch ausstehend bzw. in Planung

## Berechnung teufenabhängiger Flächenbedarf

- Erhöhter Flächenbedarf bei größerer Teufe durch
  - geothermischen Gradienten
  - Gebirgsdruck
- Analyse des Flächenbedarfs basierend auf numerischen Temperaturfeldsimulationen
  - Grenztemperatur an Behälteroberfläche von 100 °C
  - Annahme geothermischer Gradient: 3 °C / 100 m
- Art der Einlagerung:
  - Kristallingestein: Behälter in vertikaler Bohrlochlagerung (vgl. Schweden/Finnland)
  - Tongestein: Behälter in Streckenlagerung (vgl. Schweiz)
  - Steinsalz: Behälter in Streckenlagerung – Berechnungsergebnisse liegen noch nicht vor

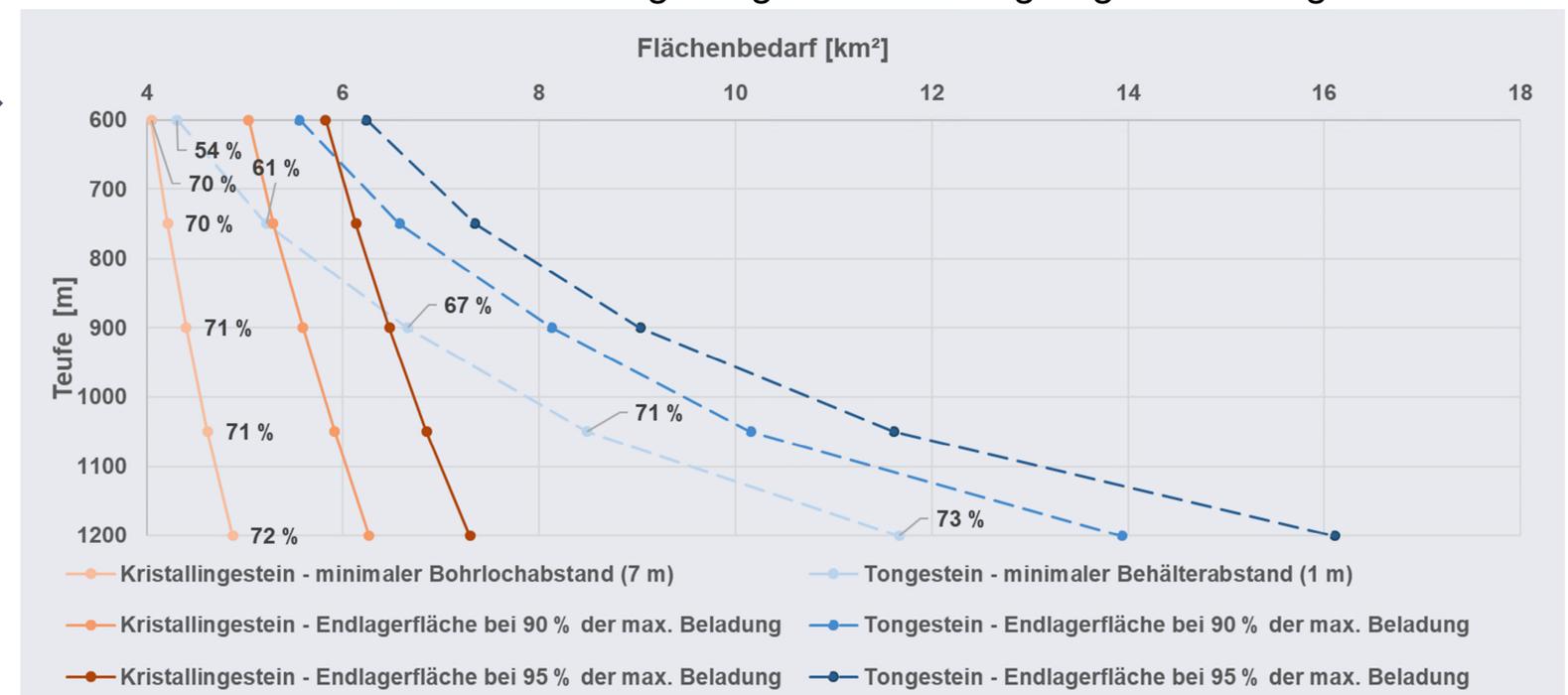


Abb. 2: Ergebnisse Flächenbedarf eines Endlagers in Tongestein bzw. Kristallingesteins in Abhängigkeit der Teufe. Quelle: BGE / BGE TEC  
Wichtiger Hinweis: Beim Flächenbedarf für Kristallingestein sind Klüftigkeiten und Schädigungen nicht berücksichtigt.

<sup>1</sup>: StandAG: Standortauswahlgesetz vom 5. Mai 2017 (BGBl. I S. 1074), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 7. Dezember 2020 (BGBl. I S. 2760) geändert worden ist.

<sup>2</sup>: EndlSiUntV: Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung vom 6. Oktober 2020 (BGBl. I S. 2094, 2103)

### Bericht Tagesanlagen

#### Tagesanlagen eines Endlagers für hochradioaktive Abfälle – Beschreibung erforderlicher Tagesanlagen und Abschätzung des Flächenbedarfs (Umfang 45 Seiten)

- Stand 29. Januar 2021
- Inhalte:
  - Anforderungen an die Tagesanlagen
  - Erforderliche Tagesanlagen
  - Abschätzung des Flächenbedarfs der übertägigen Bebauung

URL:

[https://www.bge.de/fileadmin/user\\_upload/Standortsuche/Wesentliche\\_Unterlagen/Zwischenbericht\\_Teilgebiete/20210129\\_Tagesanlagen\\_eines\\_Endlagers\\_fuer\\_hochradioaktive\\_Abfaelle\\_barrierefrei.pdf](https://www.bge.de/fileadmin/user_upload/Standortsuche/Wesentliche_Unterlagen/Zwischenbericht_Teilgebiete/20210129_Tagesanlagen_eines_Endlagers_fuer_hochradioaktive_Abfaelle_barrierefrei.pdf)

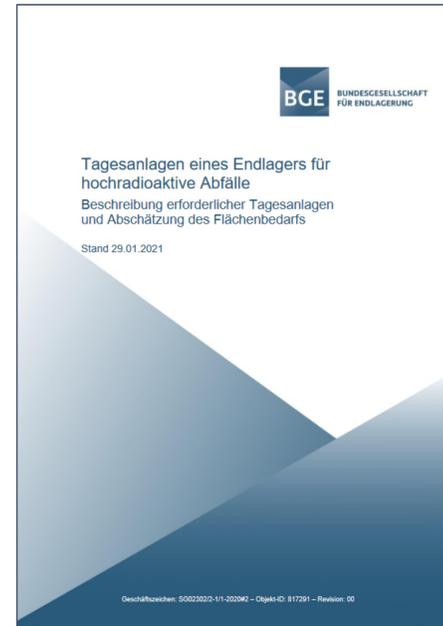


Abb. 3: Deckblatt Bericht Tagesanlagen eines Endlagers für hochradioaktive Abfälle Quelle: BGE

### Auszug notwendige Tagesanlagen

#### Gelände kerntechnischer Anlagen

- Eingangslager
- Konditionierungsanlage für hochradioaktive Abfälle
- Pufferlager für Endlagergebinde
- Dekontaminationsanlage
- Sammelstelle für schwach- und mittelradioaktive Betriebsabfälle
- Strahlenschutzlabor
- Zugang nach unter Tage (Schacht / Rampe)

#### Endlagerbergwerksgelände

- Zugang/Zugänge nach unter Tage (Schacht und/oder Rampe)
- Werkstatt und Technikbereich
- Material- und Baustofflager
- Bürogebäude, Feuerwehr und Krankenstation
- Anlagen für Wetterzufuhr in das Bergwerk bzw. aus dem Bergwerk heraus

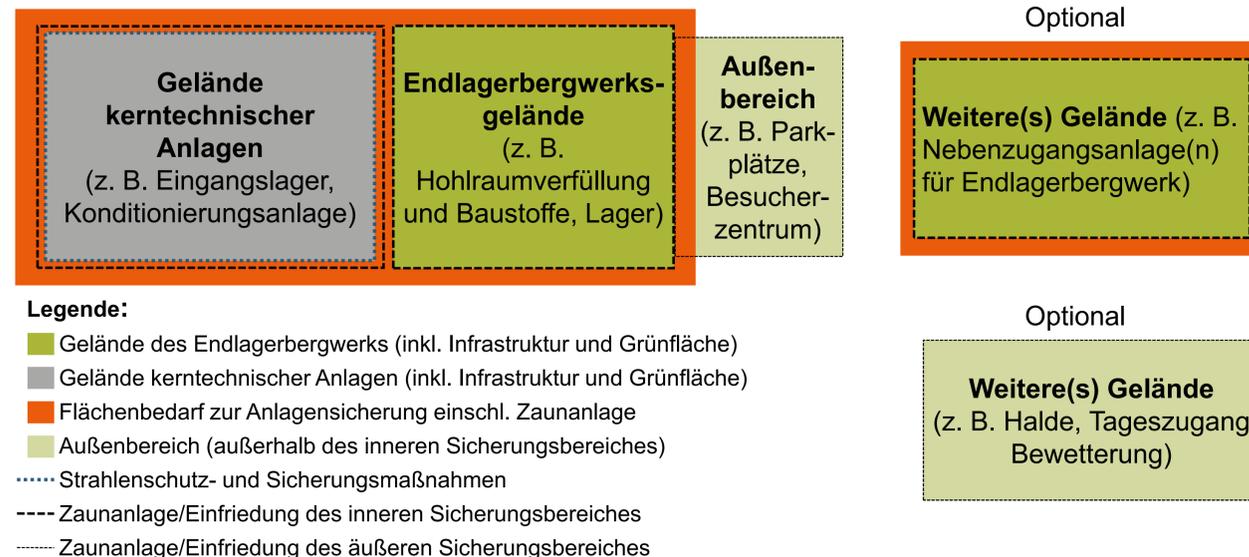
### Gesamtflächenbedarf Betriebsgelände

	Anlage, Gelände	Geschätzter Flächenbedarf in m <sup>2</sup> (± 50 %)
Berechnung Gesamtfläche Gelände kerntechnischer Anlagen	Summe Anlagenfläche	31.000
	Infrastrukturzuschlag (+100 %)	31.000
	Grünflächenzuschlag (+150 %) (gerundet)	47.000
	Summe	109.000
Berechnung Gesamtfläche Endlagerbergwerksgelände	Summe Anlagenfläche	22.000
	Infrastrukturzuschlag (+100 %)	22.000
	Grünflächenzuschlag (+150 %)	33.000
	Summe	77.000
<b>Gesamtfläche innerhalb des Anlagenzauns</b>		<b>186.000</b>
Flächen zur Anlagensicherung	Zaunanlage, Wachgebäude, Grünstreifen außerhalb	46.000
Anlagen außerhalb des inneren Sicherheitsbereiches	Verwaltungsgebäude, Besucherzentrum, Parkplätze	8.000
<b>Gesamtfläche des Betriebsgeländes</b>		<b>240.000</b>

Abb. 5: Gesamtflächenbedarf eines Endlagers für hochradioaktive Abfälle. Quelle: BGE

### Schematische Darstellung Betriebsgelände

Abb. 4: Schematische Darstellung des Betriebsgeländes eines Endlagers für hochradioaktive Abfälle Quelle: BGE



ca. 34 ± 17 Fußballfelder

→ 24 ± 12 ha