

Geschäftsstelle

Kommission
Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe
gemäß § 3 Standortauswahlgesetz

Arbeitsgruppe 3
Entscheidungskriterien sowie Kriterien
für Fehlerkorrekturen

**Beratungsunterlage zu TOP 3 der 14. Sitzung am 24. November 2015
Vorträge zu Behältertechnologien für den Zweck der Endlagerung hoch
radioaktiver Abfälle**

Technische Anforderungen an Endlagerbehälter hinsichtlich ihrer Rückhol-
barkeit und Bergbarkeit

Präsentation von Dr.-Ing. Holger Völzke,
Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung (BAM)

<p>Kommission Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe K-Drs. /AG3-49</p>

24.11.2015

TECHNISCHE ANFORDERUNGEN AN ENDLAGERBEHÄLTER HINSICHTLICH IHRER RÜCKHOLBARKEIT UND BERGBARKEIT

Dr.-Ing. Holger Völzke

Kommission Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe (gemäß §3 Standortauswahlgesetz)
Arbeitsgruppe 3: Entscheidungskriterien sowie Kriterien für Fehlerkorrekturen
Sitzung am 24. November 2015

Grundsätzliche Überlegungen

Behälterspezifische Sicherheitsanforderungen im Einlagerungsbetrieb und Überlegungen zur Rückholoption

Überlegungen zu behälterspezifischen Anforderungen zur Bergbarkeit nach Verschluss des Endlagers

Behälterkonzepte

Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Erfahrungen aus der Behälterprüfung für Transport und Zwischenlagerung (Normalbetrieb und Störfälle)

- Bisher max. 40 Jahre
- Zukünftig 40 Jahre + X (verlängerte Zwischenlagerung)

Behälterprüfung Endlager

- Bei Ertüchtigung der bisherigen Behälter: 40 Jahre + X + Y
- Beanspruchungen abhängig vom Wirtsgestein beim Einlagerungsbetrieb (Handhabung, Störfälle, Wärmeabfuhr, Außendruck, korrosive Medien, etc.)
- Ggf. Beanspruchungen aus dem Rückholungsbetrieb (≈ 100 Jahre)
- Ggf. Beanspruchungen bis zur Bergung und während der Bergung (500 bis 1.000 Jahre)

Behälterspezifische Sicherheitsanforderungen im Einlagerungsbetrieb und Überlegungen zur Rückholoption

-
- Sicherer Einschluss der radioaktiven Stoffe,
 - Sichere Einhaltung der Unterkritikalität,
 - Sichere Abfuhr der Zerfallswärme,
 - Vermeidung unnötiger Strahlenexposition, Begrenzung und Kontrolle der Strahlenexposition des Betriebspersonals und der Bevölkerung.

hieraus **abgeleitete behälterspezifische Anforderungen**
unter Berücksichtigung der betrieblichen Randbedingungen:

- Ausreichende Abschirmung der ionisierenden Strahlung durch die Behälter und sonstige über- und untertägige technische Einrichtungen,
- Betriebs- und instandhaltungsgerechte Auslegung der Behälter,
- Sichere Handhabung und Transporte der Abfallgebinde,
- Auslegung gegen Betriebsstörungen und Störfälle.

Parameterspektrum zur Behältersicherheit

Maximale Beanspruchungen im Normalbetrieb

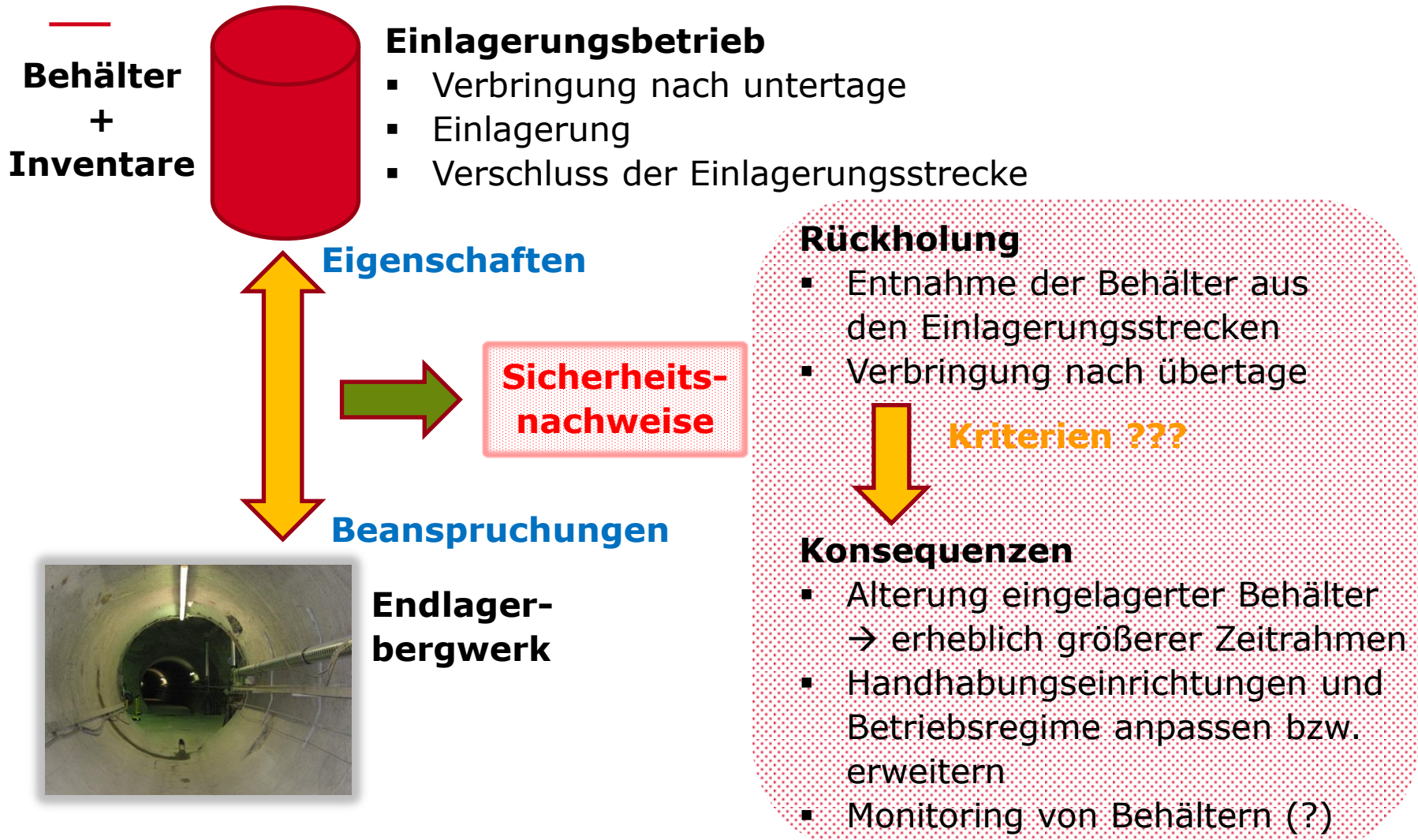
- Mechanische Handhabungslasten
- Temperaturen (maximal und minimal)
- Radioaktive Strahlung
- Einwirkungen durch Medien (Alterung, Korrosion, etc.)
- Max. Zeitdauer der Einwirkungen

Maximale Beanspruchungen in Störfallsituationen

- Brand, Kollision, Behälterabsturz, sonstige Einwirkungen

Behälterdesign und Werkstoffe

- Werkstoff- und Bauteileigenschaften (minimal und maximal)
- Geometrie (incl. Toleranzen)
- Berücksichtigung von Alterungseffekten




Überlegungen zu behälterspezifischen Anforderungen zur Bergbarkeit nach Verschluss des Endlagers

Bergbarkeit im zeitlichen Kontext

Zeitraum: 500 ... 1.000 (?) Jahre
(Endlagerungsbetrieb: \approx 100 Jahre)



-
- Funktionserhalt der Behälter als technische Barriere im Endlager über 500 oder ggf. bis 1.000 Jahre
 - Primär: sicherer Einschluss; Unterkritikalität  **Mechanische Stabilität**
 - Abschirmung, Wärmeabfuhr (Verringerung durch Abklingen)
 - Ausgeprägte Abhängigkeit von Wirtsgestein und Endlagerkonzept („Behälter als technische Barriere“)
 - Neues Bergwerk zum Zweck der Bergung
 - Verfügbare Dokumentation über Aufbau, Betrieb und Verschluss des Endlagers
 - Fortgeschrittene Bergwerks- und Handhabungstechnologien anwendbar
 - Ggf. Behälterbergung mit techn. Zusatzmaßnahmen (z.B. zusätzliche Anschlagmittel, Overpack, „Herausschneiden“ aus Salz)

Behälterkonzepte

Variante 1: Ertüchtigung vorhandener Transport- und Lagerbehälter

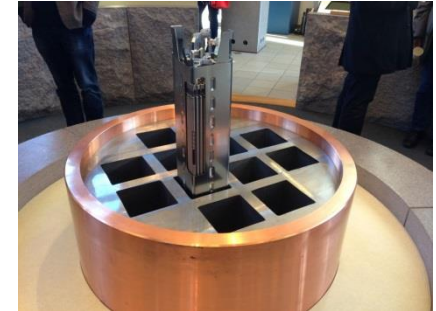
-
- Zahlreiche Behältervarianten
 - Große und schwere Behälter (20 ... >100 Mg)
 - Behälter primär für Transport und Zwischenlagerung ausgelegt
 - Behälter beinhalten u.a. auch organische Werkstoffe (Polymere)
 - U.U. aufwändige Nachweise zum Alterungsverhalten über sehr lange Zeiträume bis zu einer Rückholung oder Bergung
 - Nachträgliche Maßnahmen zur Erfüllung der Endlageranforderungen (z.B. Verfüllung mit Magnetit und Verschweißen von Deckeln)
 - Verzicht auf aufwändige Umkonditionierung
 - Vorgegebene u. U. noch hohe Zerfallswärmeleistung




© GNS

Variante 2: Entwicklung anforderungsgerechter Endlagerbehälter

- **Voraussetzung: Definition der Anforderungen**
- Anforderungen sind vom Wirtsgestein geprägt
 - **Kristallingestein** mit Wasserzutritt
 - Behälter als dauerhafte technische Barriere (Bsp. KBS-3 Schweden/Finnland)
 - **Tongestein** mit geringer Wasserdurchlässigkeit
 - Behälter als technische Barriere für ca. 1.000 Jahre (Bsp. Schweiz für Opalinus Ton)
 - **Steinsalz** ohne Wasserzutritt
 - Behälter bislang ohne Barrierenfunktion (Bsp. Gorleben)
 - rasches Zuwachsen der Einlagerungsbereiche
 - Rückholbarkeit und Bergbarkeit stellen zusätzliche Anforderungen
- Endlagerechte robuste Konstruktion möglich
- Aufwändige Umkonditionierung der Brennelemente mit Sekundärabfällen



Abfallgebinde und Endlagerbehälter



	BE-ELB	HA-ELB	SMA-LMA-ELB
Länge / Breite	< 5 m / 1,05 m	< 3,4 m / 0,55 m	4,5 m x 2,5 m
Volumen	3,8 – 4,4 m ³	2,4 m ³	5,26 m ³
Masse	> 20 t	< 15 t	3,95 t
Materialisierung	Stahl	Stahl	Beton / Eisen-Miniel
Oberflächentemperatur	< 100 °C	< 100 °C	Gefäßtemperatur
Oberflächenbelastung	Hoch	Hoch	Klein
Integrität (Aussage)	> 1000 Jahre	> 1000 Jahre	Etwa 100 Jahre

nagra



Quelle: DBE

Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

-
1. Rückholbarkeit und Bergbarkeit bewirken zusätzliche Anforderungen an die Behälter.
 2. Mit zunehmendem Zeitrahmen (Einlagerung wenige Jahrzehnte; Rückholung ≈ 100 Jahre; Bergung 500 ... 1.000 Jahre) sind größere Robustheit und Sicherheitsmargen für wesentliche sicherheitsrelevante Behälterfunktionen erforderlich.
 3. Für Behälterauslegung und Sicherheitsnachweise müssen Anforderungen und Randbedingungen definiert sein. Diese sind maßgeblich vom Wirtsgestein geprägt.
 4. Rückholbarkeit scheint für alle Behälterkonzepte prinzipiell machbar. Technische Einrichtungen zur Handhabung der Behälter stehen überwiegend bereits aus dem Einlagerungsprozess zur Verfügung.

-
5. Neue Endlagerbehälter können anforderungsgerecht entwickelt und ausgelegt werden. Dem steht ein aufwändiger Prozess der Umkonditionierung mit Sekundärabfällen einschl. der Altbehälter gegenüber. Zur Ertüchtigung vorhandener Transport- und Lagerbehälter wären Nachrüstmaßnahmen erforderlich und zusätzliche Nachweise zu erbringen.
 6. Die Rückholung oder Bergung dürfte sich für große und schwere Behälter generell schwieriger als für kleinere gestalten.
 7. Es sind Entscheidungskriterien für eine Rückholung festzulegen. Es ist festzulegen, ob und inwieweit dazu ein Monitoring wichtiger Behältereigenschaften mittels geeigneter Sensorik erforderlich ist, ohne dass dadurch Sicherheitsmerkmale geschwächt werden.
 8. Rückholung oder Bergung aus Salz dürfte infolge der zügigen Fließprozesse gegenüber anderen Wirtsgesteinen aufwändigere Konzepte erfordern.

-
9. Behälterspezifische Nachweise zur Erfüllung von Anforderungen an eine Bergbarkeit wären konkret zu definieren. Sie dürften angesichts erheblich größerer Betrachtungszeiträume im Vergleich zur Rückholung deutlich aufwändiger und mit größeren Unsicherheiten behaftet sein.
 10. Die Notwendigkeit einer Bergbarkeit über 500 oder bis zu 1.000 Jahre erscheint nur schwer nachvollziehbar, wenn ein Endlager für einen Zeitraum von mindestens 1.000.000 Jahren als sicher qualifiziert worden ist und dies auch während der gesamten Betriebsphase über voraussichtlich etwa 100 Jahre bis zu seinem Verschluss nicht in Zweifel gerät.

Es ist nicht geklärt, welche Informationen und Kriterien spätere Generationen für eine Entscheidung zur Bergung heranziehen könnten und welche technischen Möglichkeiten dann für die Umsetzung einer wie auch immer gearteten Bergung bestünden.

Es wäre zu empfehlen, die Entscheidung über ein eventuelles Bergungskonzept im Zusammenhang mit der Genehmigung für den endgültigen Verschluss des Endlagers zu treffen, nachdem ersichtlich ist, dass der Sicherheitsnachweis bestand hat und eine Rückholung nicht erforderlich geworden ist. Dies würde zudem gestatten, den dann weit fortgeschrittenen Stand von Wissenschaft und Technik zu Grunde zu legen.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit