


Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung									 <b>BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</b>
Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	Blatt: 599
SG	0330				EA	TF	0002	00	

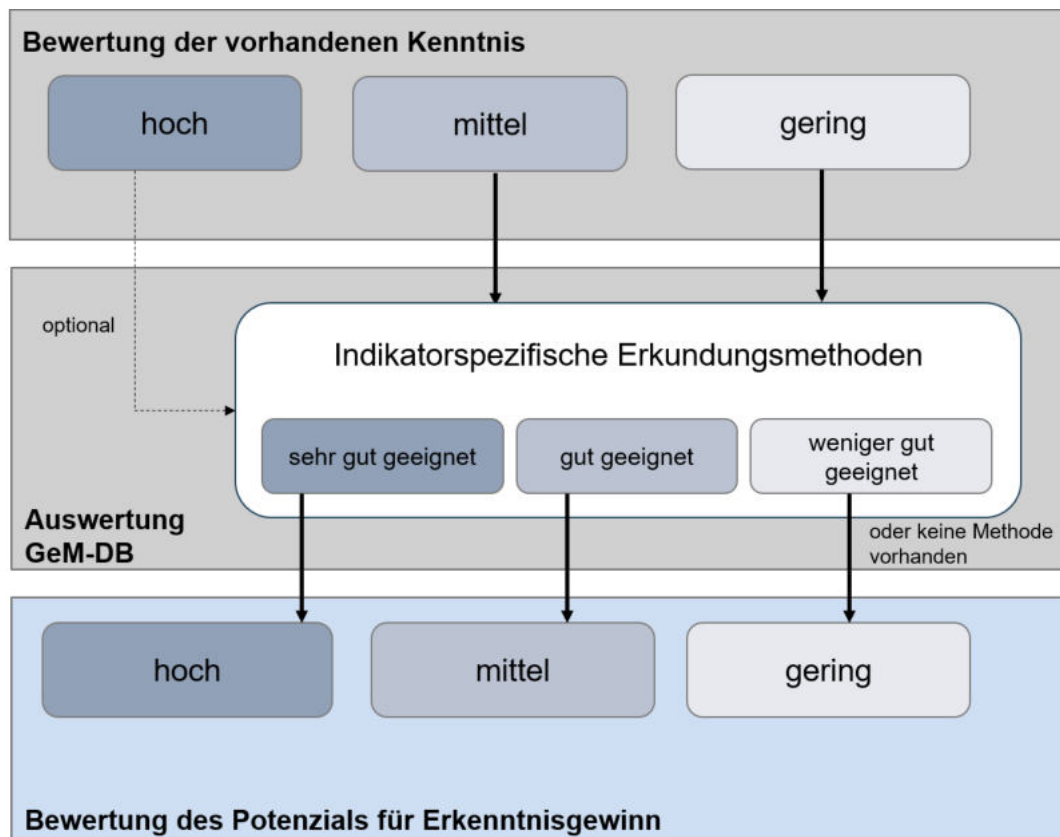



Abbildung 215: Ableitung der Bewertung des Potenzials für einen Erkenntnisgewinn

## 8.9 Beurteilung der zusätzlichen Einlagerung von schwach- und mittelradioaktiven Abfällen (SMA)

Im Rahmen des Standortauswahlverfahrens ist auch zu untersuchen, ob die Endlagerung von SMA in einem Endlager am gleichen Standort möglich ist. Gemäß § 1 Abs. 6 StandAG ist die Endlagerung SMA am auszuwählenden Standort zulässig, „wenn die gleiche bestmögliche Sicherheit des Standortes wie bei der alleinigen Endlagerung hochradioaktiver Abfälle gewährleistet ist“. Im Rahmen der rvSU ist zunächst gemäß § 7 Abs. 6 Nr. 6 EndlSiUntV anhand des Volumens des potenziell vorkommenden Wirtsgesteins zu beurteilen, inwiefern die zusätzliche Endlagerung größerer Mengen SMA im gleichen Untersuchungsraum möglich ist. Dazu ist in § 21 Abs. 2 EndlSiAnfV geregelt, dass „ein separates Endlagerbergwerk aufzufahren“ ist. Zur Bewertung werden zunächst das Mengengerüst für ein SMA-Endlager beschrieben und anschließend die Vorgehensweise zur Beurteilung, inwiefern die zusätzliche Endlagerung größerer Mengen SMA unter Berücksichtigung der Anforderungen nach § 21 EndlSiAnfV im gleichen Untersuchungsraum möglich ist. Die Beurteilung der Möglichkeit einer zusätzlichen SMA-Endlagerung hat keine Auswirkung auf die Bewertung der Möglichkeit des sicheren Einschlusses eines Untersuchungsraums und ist für diejenigen Untersuchungsräume vorgesehen, die als Standortregionen in Frage kommen.

Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung									 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	Blatt: 600
SG	0330				EA	TF	0002	00	

### 8.9.1 Mengengerüst für die zusätzliche Einlagerung größerer Mengen SMA

Die für eine zusätzliche Einlagerung heranzuziehenden Abfälle lassen sich in vier Gruppen einteilen: die rückzuziehenden Abfälle aus der Schachanlage Asse II, die verbliebenen Abfallmengen aus der Urananreicherung, graphithaltige Abfälle aus Forschungs-, Versuchs- und Prototypreaktoren und sonstige nicht-Konrad-gängige Abfälle. Diese vier Gruppen werden nachfolgend kurz beschrieben.

#### 8.9.1.1 Rückzuziehende Abfälle aus der Schachanlage Asse II

In der Schachanlage Asse II sind insgesamt 125 787 Gebinde mit radioaktiven Abfällen mit einer Gesamtmasse von ca. 89 000 Mg und einem Abfallvolumen von ca. 47 000 m<sup>3</sup> eingelagert (BMU 2021b). Nach der Rückholung dieser Gebinde (BMUB 2015a) sowie größerer Mengen kontaminierter oder den Gebinden anhaftenden Salzgruses und nach Konditionierung und Verpackung dieser Abfälle wird von einem endzulagernden Abfallgebinderolumen von 175 000 m<sup>3</sup> bis 220 000 m<sup>3</sup> ausgegangen. Für die Beurteilung der zusätzlichen Einlagerung von SMA wird konservativ ein Abfallgebinderolumen von 220 000 m<sup>3</sup> verwendet.

#### 8.9.1.2 Abfälle aus der Urananreicherung


Aus der kommerziellen Urananreicherung zur Herstellung von Brennelementen für Leichtwasserreaktoren sind Abfälle in Form abgereicherten Urans angefallen. Chemisch liegt dieses abgereicherte Uran als Uranhexafluorid (UF<sub>6</sub>) aus dem Anreicherungsprozess vor, das in Fässern gelagert wird. Für die Endlagerung ist eine Konversion in nahezu wasserunlösliches Uran(V,VI)-oxid (U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>) vorgesehen.

Für die VSG wurde ein Gesamtaufkommen von 109 760 Mg Uranoxid und 2 240 Mg Uranhexafluorid angegeben. Mit der unterstellten Konditionierung in Konrad-Stahlblechcontainer Typ VI wurde daraus eine Anzahl von 7 217 Behältern mit einem Gesamtgebinderolumen von 39 261 m<sup>3</sup> ermittelt (Peiffer et al. 2012a). Mit der in (Peiffer et al. 2012a) angenommenen Schüttdichte von U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> ergäbe sich bei vollständiger, restfreier Konversion eine Abfallmenge von ca. 115 120 Mg Uranoxid mit einem Trockenvolumen von ca. 36 000 m<sup>3</sup>.

Im Verzeichnis radioaktiver Abfälle wurde für das abgereicherte Uran ein Gesamtgebinderolumen von bis zu 100 000 m<sup>3</sup> angegeben, falls eine weitere Verwertung nicht erfolgt (BMU 2021b), ebenso im Bericht zur 7. Überprüfungskonferenz des Gemeinsamen Übereinkommens über die Sicherheit der Behandlung abgebrannter Brennelemente und über die Sicherheit der Behandlung radioaktiver Abfälle (BMU 2020).

#### 8.9.1.3 Graphithaltige Abfälle

Im Mengengerüst der VSG (Peiffer et al. 2012a) wurde eine (in Gebinde konditionierte) Abfallmenge von 2 900 m<sup>3</sup> Graphit bzw. graphithaltiger Abfälle aus dem Rückbau der beiden Hochtemperaturreaktoren AVR und THTR-300 angegeben. Aufgrund der errechneten hohen Konzentrationen an Tritium (H-3) und Radiokohlenstoff (C-14) besteht die Möglichkeit, dass eine Verbringung in das Endlager Konrad aufgrund der Begrenzung dieser Radionuklide nicht zulässig ist (Peiffer et al. 2012a).

<b>Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung</b>								 <b>BGE</b> BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG	
Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev	Blatt: 601
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
SG	0330				EA	TF	0002	00	

Im Forschungsvorhaben „Carbonforest“ (Dörr et al. 2014) wurde das zu erwartende Inventar an Graphit und graphithaltigen Abfällen aus sämtlichen Forschungs-, Versuchs- und Prototypreaktoren ermittelt und unter der Annahme einer Konditionierung in Konrad-Behälter auch ein Mengengerüst endzulagernder Abfallgebände erstellt. Demzufolge wäre ein Abfallgebändevolumen von ca. 24 410 m<sup>3</sup> endzulagern. Das Abfallgebändevolumen wird konservativ auf 25 000 m<sup>3</sup> aufgerundet.

#### 8.9.1.4 Sonstige Abfallvolumina

Weitere SMA, „die aufgrund ihres Nuklidinventars und/oder ihrer chemischen Zusammensetzung oder dem Zeitpunkt ihres Anfalls nicht für eine Einlagerung in das Endlager Konrad geeignet sind“ (BMU 2020), müssen hier ebenfalls betrachtet werden.

Im Bericht zur 7. Überprüfungs-konferenz zum Gemeinsamen Übereinkommen wird unter den Massen und Volumina radioaktiver Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung zum Stand 31.12.2019 ein Volumen von 124 590 m<sup>3</sup> an zwischengelagerten Abfällen in verschiedenen Konditionierungen angegeben, die für das Endlager Konrad vorgesehen sind. Zusätzlich zu dieser Abfallmenge ist für eine im Bericht aufgeführte vergleichsweise geringe Abfallmenge von 146 m<sup>3</sup> mit einer Masse von 230 Mg eine Verbringung in ein anderes SMA-Endlager zu bewerten. Es handelt sich hierbei größtenteils um Rohabfälle (unverarbeitete radioaktive Abfälle), Abfälle in Innenbehältern und vorbehandelte Abfälle sowie bereits konditionierte Abfallgebände (BMU 2020).


Frühere Ergänzungen und Abschätzungen weiterer, nicht-Konrad-gängiger Abfallaufkommen mündeten in einem Mengengerüst von bis zu ca. 15 000 m<sup>3</sup> sonstiger SMA für das Abfallmengengerüst der VSG (Peiffer et al. 2012a). Diese als abdeckend angenommene Abschätzung eines zusätzlichen Abfallgebändevolumens von 15 000 m<sup>3</sup> wird für die Beurteilung der zusätzlichen Einlagerung von SMA verwendet.

#### 8.9.1.5 Zusammenfassung des SMA-Abfallmengengerüsts

Die in den vorhergehenden Abschnitten beschriebenen Angaben zu Referenzwerten und Abschätzungen des für die Bewertung der Möglichkeit einer Endlagerung von SMA am gleichen Standort wie dem des Endlagers für hochradioaktive Abfälle notwendigen SMA-Abfallmengengerüsts sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

*Tabelle 81: Übersicht der Abschätzungen zum zu erwartenden SMA-Inventar*

Art der Abfälle	Abfallgebändevolumen in m <sup>3</sup>	Quelle
Rückzuholende Abfälle aus der Schachanlage Asse II	220 000	(BMU 2020)
Abfälle aus der Urananreicherung, zu berücksichtigen für den Fall, dass eine weitere Verwertung des abgereicherten Urans nicht erfolgt	100 000	(BMU 2020)

<b>Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung</b>								 <b>BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</b>	
Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev	Blatt: 602
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
SG	0330				EA	TF	0002	00	

Art der Abfälle	Abfallgebinderu- men in m <sup>3</sup>	Quelle
Graphithaltige Abfälle	25 000	(Dörr et al. 2014)
Sonstige Abfälle, die aufgrund ihres Nuklidinventars und/oder ihrer chemischen Zusammensetzung oder dem Zeitpunkt ihres Anfalls nicht für eine Einlagerung in das Endlager Konrad geeignet sind	15 000	(Peiffer et al. 2012a)
<b>Summe</b>	<b>360 000</b>	

Insgesamt ergibt sich damit ein für die Beurteilung der zusätzlichen Einlagerung von SMA zu berücksichtigendes Mengengerüst von bis zu 360 000 m<sup>3</sup>.

### 8.9.2 Vorgehensweise bei der Beurteilung der zusätzlichen Einlagerung von SMA

Um eine Beurteilung durchführen zu können, inwiefern die zusätzliche Endlagerung größerer Mengen SMA im gleichen Untersuchungsraum möglich ist, ist es notwendig sowohl das verfügbare Volumen an potenziellem Wirtsgestein im jeweiligen Untersuchungsraum bzw. Teiluntersuchungsraum als auch das benötigte Volumen für ein Endlagerbergwerk für die zusätzliche Endlagerung von SMA zu quantifizieren. Dafür wird das in Kapitel 8.9.1.5 beschriebene Abfallgebinderu- men für eine Beurteilung der Einlagerung von SMA in ein zusätzliches SMA-Endlager herangezogen.

In den rvSU wird im Rahmen der vorläufigen Auslegung des HAA-Endlagers gemäß § 6 Abs. 4 Nr. 2 EndlSiUntV die maximale Größe eines möglichen Endlagerbergwerks ermittelt, woraus das dafür benötigte Wirtsgesteinsvolumen abgeleitet wird. Daraus folgend wird für ein betrachtetes Gebiet das anschließend noch freie verfügbare Volumen an potenziellem Wirtsgestein bestimmt. Dieses Volumen wird mit dem ermittelten Volumenbedarf eines SMA-Endlagerbergwerks einschließlich eines zu definierenden Mindestabstands zwischen den SMA- und HAA-Endlagerbergwerken verglichen. Der Volumenbedarf des SMA-Endlagerbergwerks wird dabei planerisch erarbeitet und stellt somit eine erste Machbarkeitsindikation dar. Ein reiner Abgleich zwischen dem benötigten und dem vorhandenen Volumen besitzt jedoch nur eine begrenzte Aussagekraft bezüglich der Beurteilung der Möglichkeit der zusätzlichen Endlagerung von größeren Mengen SMA. Es muss dabei berücksichtigt werden, aus welcher Mächtigkeit und horizontalen Ausdehnung sich das noch vorhandene Wirtsgesteinsvolumen zusammensetzt und auf welchem Flächenbedarf sowie vertikaler Ausdehnung der Volumenbedarf des SMA-Endlagerbergwerks basiert.

Zur Bestimmung des Flächenbedarfs eines Bergwerks für die zusätzliche Endlagerung von SMA werden eigene Endlagerauslegungen erarbeitet. Dazu wird die Teufenabhängigkeit des Flächenbedarfs auf Grundlage von gebirgsmechanischen Berechnungen für jedes der Wirtsgesteine untersucht. Analog zur vorläufigen Auslegung des HAA-Endlagers werden Teufen betrachtet, die abdeckend sind und mit denen für verschiedene Teufen der Volumenbedarf für ein zusätzliches

**Methodenbeschreibung zur Durchführung  
der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen  
gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung**



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 603

SMA-Endlager einschließlich des Mindestabstands mit dem verfügbaren Wirtsgesteinsvolumen nach Abzug des Volumenbedarfs eines HAA-Endlagers verglichen werden kann.

Für das beschriebene Vorgehen werden in einem ersten Schritt wesentliche Ausgangsdaten und -informationen zusammengetragen i) zur Art und Menge der Abfälle, die in einem deutschen SMA-Endlager eingelagert werden müssen (vgl. Kapitel 8.9.1), ii) zu den in Deutschland zugelassenen Behältern zur Endlagerung SMA und iii) zu bereits bestehenden nationalen und internationalen SMA-Endlagerkonzepten.

Neben der Erarbeitung der allgemeinen Grundlagen werden wirtsgesteinsspezifische Vorarbeiten durchgeführt. Dazu zählt zum einen die Zusammenstellung von geomechanischen Eigenschaften der verschiedenen Wirtsgesteine für die Berücksichtigung zur Auslegung des Endlagers. Zum anderen werden die teufenabhängigen Parameter (insb. Gebirgsdrücke) ermittelt und Berechnungsverfahren zur Abschätzung der Teufenabhängigkeit dieser Parameter bei der Endlagerflächenberechnung erarbeitet.

Im nächsten Schritt folgt die wirtsgesteinsspezifische und teufenabhängige SMA-Endlagerauslegung. Dazu sind einige konzeptionelle Festlegungen zu treffen, auf denen die Endlagerauslegung basiert, z. B. zum Einlagerungskonzept und zur untertägigen Infrastruktur. Für die Ermittlung der maximal notwendigen horizontalen Ausdehnung wird zunächst eine einsöhlige Einlagerung betrachtet. Eine mehrsöhlige Einlagerung ist nur bei größerer Mächtigkeit des Wirtsgesteins möglich; hierbei würde die horizontale Ausdehnung des Endlagers reduziert.

Ebenso wichtig ist die Festlegung der eingangs dargelegten grundlegende Planungsgrößen, zum Teil auf Basis der eingangs durchgeführten Rechercharbeiten, wie z. B. des zur Endlagerung verwendeten Behältertyps, der Behältermenge und der Streckenquerschnitte. Mithilfe der verschiedenen Festlegungen lässt sich anschließend das grundlegende Layout des Endlagerbergwerks entwickeln und graphisch darstellen.

Unter Berücksichtigung dieser Vorgehensweise und den abgeleiteten Festlegungen für die Endlagerauslegung erfolgt mittels Berechnungsverfahren eine überschlägige Abschätzung der teufenabhängigen Flächenbedarfe für die jeweiligen Wirtsgesteine. Dabei werden für die jeweiligen identifizierten Parameter mögliche Abhängigkeiten des Flächenbedarfs für unterschiedliche Teufen ermittelt und bewertet. Ausgehend von den ermittelten Flächenbedarfen wird unter Berücksichtigung der vertikalen Ausdehnung des Endlagerbergwerks der entsprechende Volumenbedarf bestimmt. Schließlich wird auf Basis des Abgleichs der Volumina von Endlagerbergwerk und verfügbaren potenziellen Wirtsgestein die Beurteilung der Möglichkeit einer zusätzlichen Endlagerung von größeren Mengen SMA im gleichen Untersuchungsraum bzw. Teiluntersuchungsraum eines HAA-Endlagers durchgeführt. Liegt das berechnete Volumen unterhalb des zur Verfügung stehenden Wirtsgesteinsvolumen, so ist die zusätzliche Endlagerung möglich.