

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: 97

bei, „eine Ausbreitung von Radionukliden zu be- oder verhindern“ (§ 2 Nr. 8 StandAG). Um die radioaktiven Abfälle im Zeitraum der Rückholbarkeit (§ 13 EndlSiAnfV) und Bergbarkeit (§ 14 EndlSiAnfV) sowie in der Betriebsphase sicher handhabbar zu machen, werden diese in den technisch-konstruktiv erstellten Endlagerbehältern eingeschlossen. Zu diesen sogenannten technischen Barrieren zählt auch die Abfallform selbst. Auch im Bewertungszeitraum tragen diese technischen Barrieren dazu bei, „eine Ausbreitung von Radionukliden zu be- oder verhindern“ (§ 2 Nr. 8 StandAG).

4.1.3.2 Der sichere Einschluss im Endlagersystem

Im Bewertungszeitraum muss das vorgesehene Endlagersystem „den sicheren Einschluss der radioaktiven Abfälle [...] durch ein **robustes, gestaffeltes System** verschiedener Barrieren mit unterschiedlichen Sicherheitsfunktionen gewährleisten“ (§ 4 Abs. 2 EndlSiAnfV). In einem Endlagersystem kann das Erreichen des sicheren Einschlusses der radioaktiven Abfälle dabei gemäß § 4 Abs. 3 EndlSiAnfV grundsätzlich durch zwei Arten von wesentlichen Barrieren⁷ gewährleistet werden (siehe auch Abbildung 11):

1. Der sichere Einschluss der radioaktiven Abfälle wird durch ein oder mehrere einschlusswirksame Gebirgsbereiche erreicht. Im Folgenden Endlagersystem Typ 1 genannt.
2. Der sichere Einschluss der radioaktiven Abfälle wird im kristallinen Wirtsgestein, sofern in diesem kein einschlusswirksamer Gebirgsbereich ausgewiesen werden kann, durch technische und geotechnische Barrieren erreicht, die für die jeweilige geologische Umgebung geeignet sind. Im Folgenden Endlagersystem Typ 2 genannt.

⁷ Gemäß § 2 Nr. 1 EndlSiAnfV sind die wesentlichen Barrieren: „die Barrieren, auf denen der sichere Einschluss der radioaktiven Abfälle beruht“. „Die Barrieren, die zusätzlich zu den wesentlichen Barrieren und im Zusammenwirken mit ihnen eine Ausbreitung von Radionukliden be- oder verhindern“ werden weitere Barrieren genannt (§ 2 Nr. 2 EndlSiAnfV). In den nachfolgend genannten Endlagersystemen werden der/die einschlusswirksame(n) Gebirgsbereich(e) im Fall von Endlagersystem Typ 1 (1.) bzw. die technischen und geotechnischen Barrieren im Fall von Endlagersystem Typ 2 (2.) als wesentliche Barrieren bezeichnet. Die weiteren Barrieren (beispielsweise die technischen und geotechnischen Barrieren im Endlagersystem Typ 1) übernehmen in den jeweilig gestaffelten Systemen **zeitabhängig unerlässliche** Sicherheitsfunktionen, um im Zusammenwirken mit den wesentlichen Barrieren den sicheren Einschluss im **Bereich der wesentlichen Barrieren** gemäß § 4 Abs. 5 EndlSiAnfV zu gewährleisten.

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: 98

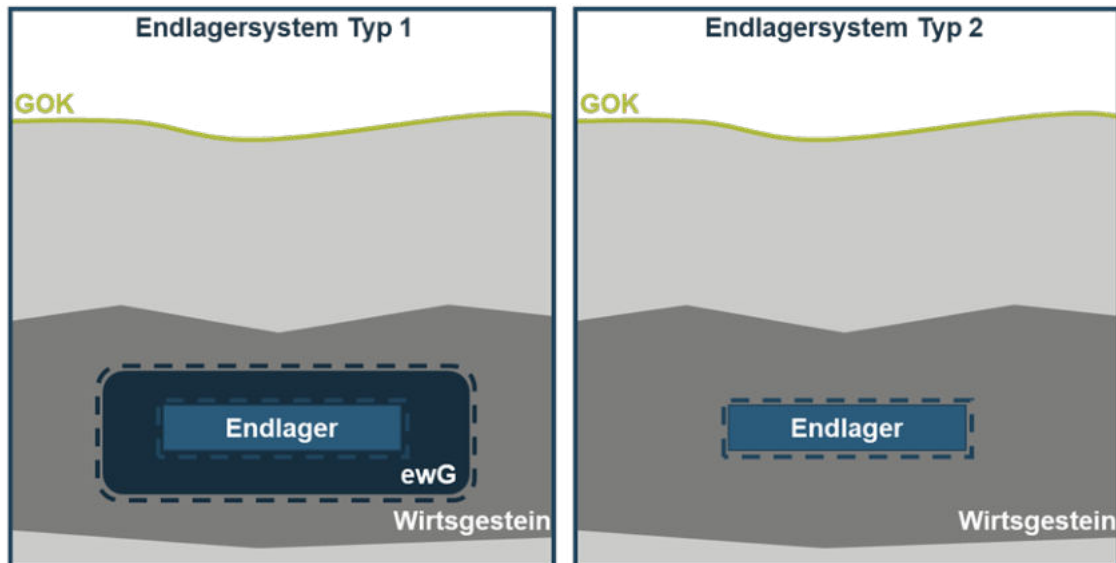


Abbildung 11: Vereinfachte graphische Darstellung der nach § 4 Abs. 3 EndlSiAnfV genannten Möglichkeiten zum Erreichen des sicheren Einschlusses der radioaktiven Abfälle im Bewertungszeitraum.

Links die Darstellung des Endlagersystems Typ 1 (einschlusswirksamer Gebirgsbereich als wesentliche Barriere) und rechts des Endlagersystems Typ 2 (technische und geotechnische Barriere als wesentliche Barrieren – für das kristalline Wirtsgestein). Die in den rvSU noch unbekannte, genaue räumliche Ausdehnung des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs und des Endlagers ist mit Hilfe gestrichelter Linien angedeutet. Die Geländeoberkante (GOK) ist in grün visualisiert.

In einem **Endlagersystem Typ 1** muss/müssen definitionsgemäß der oder die einschlusswirksame(n) Gebirgsbereich(e) innerhalb der geologischen Barrieren des gestaffelten Barrierensystems den wesentlichen Beitrag (wesentliche Barriere/n) zum sicheren Einschluss der radioaktiven Abfälle im Bewertungszeitraum leisten. Ein einschlusswirksamer Gebirgsbereich wird gemäß § 2 Nr. 9 StandAG definiert als „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“. Unter einem einschlusswirksamen Gebirgsbereich wird folglich ein Gesteinsbereich innerhalb der geologischen Barrieren verstanden, der aufgrund seiner hohen Barrierewirksamkeit den Einschluss der radioaktiven Abfälle gewährleisten kann. Die Anforderungen an die Beschaffenheit eines einschlusswirksamen Gebirgsbereichs sind in den Ausschlusskriterien, Mindestanforderungen und geowissenschaftlichen Abwägungskriterien des StandAG definiert (vgl. §§ 22 bis 24 StandAG). Gesteinstypen, die die Voraussetzungen an die Barrierewirksamkeit eines einschlusswirksamen Gebirgsbereichs in der Regel erfüllen, sind Steinsalz- und Tongesteinsformationen sowie Kristallformationen mit geringer Gebirgsdurchlässigkeit (vgl. auch AkEnd 2002; K-Drs. 268). Diese drei Gesteinstypen kommen in Deutschland gemäß § 1 Abs. 3 StandAG auch als Wirtsgesteine in Frage. Die Hauptaufgabe des Wirtsgesteins besteht in der Aufnahme der radioaktiven Abfälle, also der Aufnahme eines Einlagerungsbereichs: „Es muss

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: 99

daher vor allem die Errichtung und den Betrieb des Endlagerbergwerks erlauben.“ (AkEnd 2002)⁸. Da an den sicheren Einschluss der Radionuklide gemäß § 4 Abs. 4 EndlSiAnfV die Anforderung gestellt wird, dass dieser innerhalb der wesentlichen Barriere (folglich dem einschlusswirksamen Gebirgsbereich) erfolgen muss (vgl. Kapitel 4.1.1), muss sich der Einlagerungsbereich für ein Endlagersystem Typ 1 innerhalb eines einschlusswirksamen Gebirgsbereichs befinden⁹. Die konkrete räumliche Ausdehnung eines einschlusswirksamen Gebirgsbereichs ergibt sich auf Basis von Radionuklidtransportberechnungen. In den rvSU ist im Vergleich zu den nachfolgenden wvSU und uvSU ein geringerer Detailgrad aufgrund der geringeren Datenverfügbarkeit zulässig und daher zunächst „die Möglichkeit zur Ausweisung eines einschlusswirksamen Gebirgsbereichs“ zu bewerten (§ 7 Abs. 6 Nr. 3 Buchst. e) EndlSiAnfV, siehe Kapitel 8.5.10). Erst in Phase II des Standortauswahlverfahrens ist die konkrete räumliche Ausdehnung eines einschlusswirksamen Gebirgsbereichs in einem Untersuchungsraum festzulegen. Zum jetzigen Zeitpunkt wird daher in den rvSU der Wirtsgesteinsbereich mit Barrierefunktion (WbB)¹⁰, der einen einschlusswirksamen Gebirgsbereich aufnehmen kann, betrachtet und bewertet. Dieser entspricht zu Beginn der rvSU den im Rahmen der Arbeiten zu § 13 StandAG ausgewiesenen endlagerrelevanten Gesteinsabfolgen oder -formationen (BGE 2020g).

In einem **Endlagersystem Typ 2** müssen definitionsgemäß die geotechnischen und technischen Barrieren des gestaffelten Barrierensystems den wesentlichen Beitrag (wesentliche Barriere/n) zum sicheren Einschluss der radioaktiven Abfälle im Bewertungszeitraum leisten. Diese Barrieren müssen für die jeweilige geologische Umgebung geeignet sein. Im Vergleich zu einem Endlagersystem Typ 1 kommt den geologischen Barrieren folglich nur eine untergeordnete Rolle zu. Solch ein Endlagersystem kommt gemäß § 23 Abs. 1 i. V. m. Abs. 4 StandAG und § 4 Abs. 3 EndlSiAnfV ausschließlich für das kristalline Wirtsgestein in Frage, sofern kein einschlusswirksamer Gebirgsbereich ausgewiesen werden kann. Konkret leitet sich daraus eine Subsidiarität (Nachrangigkeit) des Endlagersystems Typ 2 gegenüber dem Typ 1 für das kristalline Wirtsgestein ab. Im Verlauf der Durch-

⁸ Unter Beachtung der funktionalen Differenzierung zwischen Wirtsgestein und einschlusswirksamen Gebirgsbereich hat der AkEnd (2002) zwei konfigurative Haupttypen hinsichtlich deren Anordnung innerhalb der geologischen Barriere abgeleitet: Konfigurationstyp Typ A – das Wirtsgestein ist hinsichtlich seiner Barrierewirksamkeit sicherheitsrelevanter Bestandteil des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs (der den einschlusswirksamen Gebirgsbereich aufnehmende Gesteinstyp entspricht dem Wirtsgesteinstyp und dieser Gesteinstyp übernimmt damit sowohl die Funktionen des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs als auch des Wirtsgesteins) – und Konfigurationstyp Typ B – das Wirtsgestein ist hinsichtlich seiner Barrierewirksamkeit kein sicherheitsrelevanter Bestandteil des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs (ein Gesteinstyp übernimmt die Funktionen des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs, ein weiterer Gesteinstyp die des Wirtsgesteins). Konfigurationstyp Typ B wird darüber hinaus in die beiden Untertypen Typ Ba – der Wirtsgesteinskörper wird vom einschlusswirksamen Gebirgsbereich vollständig umschlossen – und Typ Bb – die Umschließung des Wirtsgesteinskörpers durch den einschlusswirksamen Gebirgsbereich ist unvollständig – eingeteilt. Unter Typ Bb fallen u. a. Konfigurationen mit einem das Wirtsgesteins überlagernden einschlusswirksamen Gebirgsbereich.

⁹ Folglich sind für ein Endlagersystem Typ 1 gemäß § 4 EndlSiAnfV nur die Konfigurationen des Typ A sowie Ba nach AkEnd (2002) zu berücksichtigen. Entsprechend werden keine Konfigurationen mit einem überlagernden einschlusswirksamen Gebirgsbereich betrachtet.

¹⁰ Innerhalb eines Wirtsgesteinsbereichs mit Barrierefunktion kann theoretisch überall ein einschlusswirksamer Gebirgsbereich platziert werden. Im Rahmen der Analyse des Endlagersystems (§ 7 Abs. 6 EndlSiAnfV) kann es bei der räumlich differenzierten Bewertung dazu kommen, dass der Wirtsgesteinsbereich mit Barrierefunktion im Vergleich zu seiner ursprünglichen Ausdehnung verkleinert wird.

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: 100

führung der rvSU muss folglich zunächst die Möglichkeit zur Ausweisung eines einschlusswirksamen Gebirgsbereichs gemäß § 7 Abs. 6 Nr. 3 Buchst. e) EndlSiAnfV, also die Realisierbarkeit eines Endlagersystems Typ 1, für Untersuchungsräume bzw. Teiluntersuchungsräume in kristallinem Wirtsgestein geprüft werden, bevor ein Endlagersystem Typ 2 für das vorläufige Sicherheitskonzept zugrunde gelegt werden kann (vgl. Basisdokument "Konzept zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung" (BGE 2022a), Kapitel 8.3.1 „Umgang mit den vorläufigen Sicherheitskonzepten im kristallinen Wirtsgestein“).

4.1.3.3 Methodik zur Darstellung der Barrieren und ihrer Sicherheitsfunktionen in den rvSU

Nachdem sich mit der allgemeinen Beschaffenheit eines Endlagersystems bzw. der beiden Endlagersysteme, Typ 1 und Typ 2, auseinandergesetzt wurde, erfolgt die Darstellung der verschiedenen Barrieren sowie die Ableitung der Sicherheitsfunktionen aus den Anforderungen an die Sicherheit des Endlagersystems und deren zeitlichen Zusammenwirken gemäß § 10 Abs. 5 EndlSiAnfV. Als Detailgrad in den rvSU wird dabei eine **wirtsgesteinsspezifische Darstellung** der Barrieren gewählt. Diese erfolgt für das Endlagersystem Typ 1 für Tongestein, Steinsalz und das kristalline Wirtsgestein. Für Steinsalz erfolgt zunächst eine gemeinsame Darstellung für Steinsalz in steiler und stratiformer (flacher) Lagerung. Eine spätere Aufteilung in zwei getrennte Darstellungen ist zum jetzigen Zeitpunkt nicht vorgesehen, erscheint jedoch grundsätzlich möglich und ist im Rahmen der weiteren Arbeiten zu betrachten.

Nachfolgend werden zunächst die Sicherheitsfunktionen erläutert und die Barrieren des Endlagersystems in Abhängigkeit der Sicherheitsfunktionen spezifiziert. Anschließend erfolgt eine Erläuterung des gestaffelten Barrierensystems. In Beispiel 2 sind die Barrieren eines Endlagersystems Typ 1 und ihre Sicherheitsfunktionen beispielhaft dargestellt und erläutert.

4.1.3.3.1 Die Sicherheitsfunktionen

Die Sicherheitsfunktion stellt das Bindeglied zwischen der sicherheitsrelevanten Anforderung an das Endlagersystem und den Barrieren des Endlagersystems dar. Eine Sicherheitsfunktion ist nach § 2 Nr. 8 EndlSiAnfV „eine Eigenschaft einer Komponente des Endlagersystems oder ein im Endlagersystem ablaufender Prozess, die oder der sicherheitsrelevante Anforderungen an ein sicherheitsbezogenes System oder Teilsystem oder an eine Einzelkomponente erfüllt“. Sie beschreibt also, mit welcher **Eigenschaft** oder welchem **Prozess**, die/der einer Komponente (Barriere) zugeordnet werden kann, die Anforderungen an die Sicherheit erreicht werden. Dabei kann eine Barriere eine oder mehrere Sicherheitsfunktionen besitzen, welche wiederum eine oder mehrere sicherheitsrelevante Anforderungen erfüllen können. Sicherheitsfunktionen können zeitlich begrenzt oder über den gesamten Bewertungszeitraum aktiv sein. Das Zusammenwirken der Barrieren und ihrer verschiedenen Sicherheitsfunktionen gewährleistet die Erfüllung des sicheren Einschlusses als Gesamtsystem. Die Definition von Sicherheitsfunktionen erfolgt folglich auf Basis der Sicherheitsanforderungen. Eine Zusammenfassung der Sicherheitsanforderungen an ein Endlagersystem gemäß § 26 Abs. 2 StandAG i. V. m. EndlSiAnfV ist in Tabelle 8 zu finden (vgl. Basisdokument "Konzept zur