


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: 607
SG	0330				EA	TF	0002	00	

10 Bewertung von Ungewissheiten (§ 11 EndlSiUntV)


10.1 Gesetzliche Grundlagen

Im Zuge der rvSU wird in § 11 Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung (EndlSiUntV) die „Bewertung von Ungewissheiten“ geregelt (vgl. Abbildung 218). § 11 Abs. 1 EndlSiUntV umfasst dabei die systematische Ausweisung und Charakterisierung der Ungewissheiten, welche zum Zeitpunkt der Erstellung der jeweils durchzuführenden vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen (vSU) bestehen. Dementsprechend bezieht sich die Ausweisung von Ungewissheiten in Phase I, Schritt 2 des Standortauswahlverfahrens (§ 14 StandAG) auf die rvSU. Eine vergleichbar detaillierte Vorgabe für die Betrachtung von Ungewissheiten war in den ehemaligen Sicherheitsanforderungen aus dem Jahr 2010 (BMU 2010) nicht enthalten. Diese erste, gezielte Auseinandersetzung mit Ungewissheiten im Kontext des Standortauswahlverfahrens bildet die Grundlage für die Betrachtung von Ungewissheiten in den weiterentwickelten (wvSU) und umfassenden (uvSU) vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen in den Phasen II (vgl. § 16 StandAG) und III (vgl. § 18 StandAG) des Verfahrens.

Die EndlSiUntV gibt vor, dass:

1. alle bestehenden Ungewissheiten systematisch ausgewiesen und charakterisiert werden müssen (§ 11 Abs. 1 EndlSiUntV). Hierbei ist zu beschreiben, auf welchen Sachverhalten und Kenntnisdefiziten die Ungewissheiten beruhen. Ebenfalls sind Verknüpfungen von Ungewissheiten untereinander zu berücksichtigen und aufgrund von Ungewissheiten getroffene Annahmen zu erläutern und zu begründen. Ungewissheiten in Zusammenhang mit der Modellierung in der Langzeitsicherheitsanalyse (§ 9 Abs. 2 EndlSiUntV) sind in den rvSU noch nicht zu betrachten.
2. der Umgang mit den bestehenden Ungewissheiten und deren Auswirkungen dokumentiert werden sollen (§ 11 Abs. 2 EndlSiUntV). Im Fokus steht dabei der Einfluss der bestehenden Ungewissheiten auf die Aussagekraft des Ergebnisses der rvSU und auf die Zuverlässigkeit sicherheitsgerichteter Aussagen.
3. darzustellen ist, ob und in welchem Umfang bestehende Ungewissheiten durch weitere Erkundungs-, Forschungs- und Entwicklungsmaßnahmen reduziert werden können (§ 11 Abs. 3 EndlSiUntV). Insbesondere ist in diesem Zusammenhang darzulegen, inwieweit durch weitere Erkundungs-, Forschungs- und Entwicklungsmaßnahmen die Zuverlässigkeit sicherheitsgerichteter Aussagen verbessert werden kann.

In den folgenden Kapiteln wird zunächst der Begriff „Ungewissheiten“ erläutert und der aktuelle Wissensstand hinsichtlich Ungewissheiten in Zusammenhang mit der Endlagerung radioaktiver Abfälle beschrieben. Anschließend wird die Strategie zur Umsetzung der Vorgaben der EndlSiUntV in den rvSU vorgestellt.

Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung									 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	Blatt: 608
SG	0330				EA	TF	0002	00	

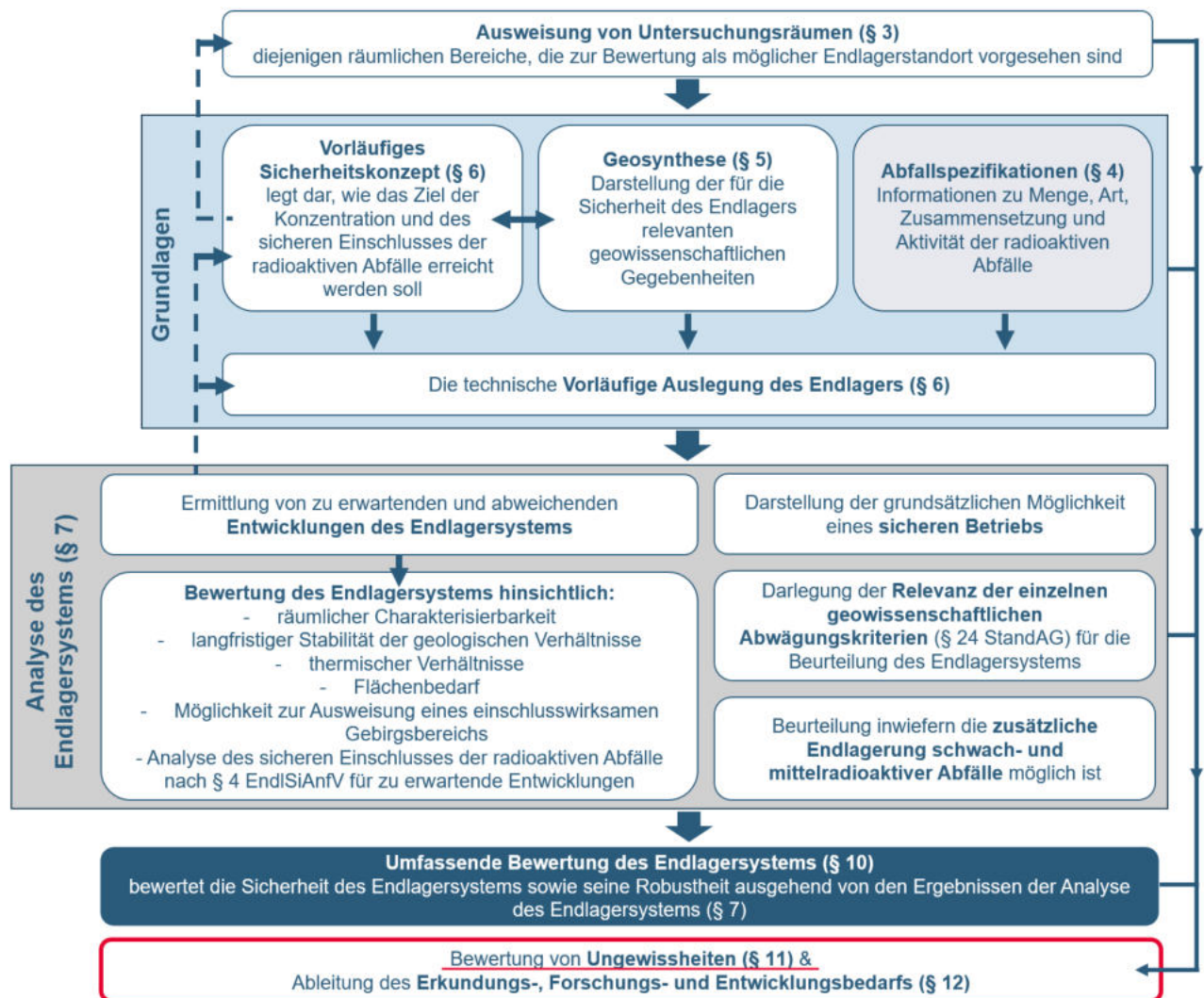



Abbildung 218: Einordnung der Betrachtung von Ungewissheiten in den übergeordneten Kontext der vSU in Phase I, Schritt 2 des Standortauswahlverfahrens

10.2 Definition und Verwendung des Begriffs „Ungewissheit“

Wie in Kapitel 10.1 dargestellt, ist die Betrachtung von Ungewissheiten elementarer Bestandteil der vSU im Standortauswahlverfahren. Es ist absehbar, dass Ungewissheiten im Dialog mit der Öffentlichkeit einen bedeutenden Aspekt darstellen, insbesondere hinsichtlich der Fragestellung, inwieweit die Sicherheit eines Endlagers über den Bewertungszeitraum von einer Million Jahren (vgl. § 1 Abs. 2 StandAG) gewährleistet werden kann. Um ein allgemeines Verständnis des Begriffs zu ermöglichen, ist es erforderlich, den Begriff „Ungewissheit“ im Kontext des Standortauswahlverfahrens zu definieren und einzuordnen.

Der Begriff „Ungewissheit“ wird, insbesondere in Kombination mit den Begriffen „Risiko“ und „Unsicherheit“, je nach Kontext anders verwendet und definiert (Eckhardt 2020). Ungewissheiten, bzw. die englische und international übliche Bezeichnung „uncertainties“, werden nach Zimmermann (2001) beispielsweise wie folgt definiert:

Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung									 BGE 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: 609
SG	0330				EA	TF	0002	00	

“Uncertainty implies that in a certain situation a person does not dispose about information which quantitatively is appropriate to describe, prescribe and predict deterministically and numerically a system, its behavior or other characteristic.” (deutsch: „Ungewissheit impliziert, dass in einer bestimmten Situation eine Person nicht über die Information verfügt, welche quantitativ angemessen ist, um ein System, dessen Verhalten oder andere Charakteristika deterministisch und numerisch zu beschreiben oder vorherzusagen.“)

Die „International Atomic Energy Agency“ (IAEA) führt in ihrem Glossar (IAEA 2019) keine konkrete Definition des Begriffs „Ungewissheiten“ auf. Der Begriff „uncertainty“ wird im Glossar zwar erwähnt, allerdings wird lediglich darauf hingewiesen, dass sowohl aleatorische, als auch epistemische Ungewissheiten existieren (siehe Kapitel 10.3.1).

Die in Finnland für die Entsorgung nuklearer Abfälle zuständige Organisation „Posiva Oy“ definiert den Begriff „uncertainty“ in Nummi (2019) als:

“Uncertainty is understood as a lack of certainty in describing and modelling a system. Uncertainty is caused by a combination of incomplete knowledge (epistemic uncertainty) and random variability (aleatory uncertainty)” (deutsch: „Ungewissheit wird als ein Mangel an Gewissheit zur Beschreibung und Modellierung eines Systems verstanden. Ungewissheit entsteht durch eine Kombination unvollständigen Wissens (epistemische Ungewissheiten) und zufälliger Variabilität (aleatorische Ungewissheiten)“)


In diesem Kontext wird hervorgehoben, dass die Begriffe „Ungewissheiten“ und „Risiko“ nicht gleichbedeutend sind, und dass Ungewissheiten auch Faktoren miteinschließen, die während der Erstellung des „Safety Cases“³⁰ unbekannt bleiben (Nummi 2019). Im Vergleich dazu beschreibt die schwedische Organisation SKB („Svensk Kärnbränslehantering AB“), die für die Endlagerung radioaktiver Abfälle in Schweden verantwortlich ist, Ungewissheiten wie folgt (SKB 2015):

“Lack of knowledge and other uncertainties in the calculation presumptions (assumptions, models, data) are in this context denoted as uncertainties.” (deutsch: „Ein Mangel an Wissen und andere Ungewissheiten in den Berechnungsgrundlagen (Annahmen, Modelle, Daten) werden in diesem Kontext als Ungewissheiten bezeichnet.“)

Eckhardt (2020) führt eine allgemeine Definition des Begriffs „Ungewissheit“ auf, welche an den „Safety Case“ anschließt:

„Ungewissheit besteht im Safety Case dort, wo Informationen nicht ausreichend oder nicht eindeutig genug sind, um die Möglichkeit eines Schadens im Bewertungszeitraum [...] einzuschätzen.“

³⁰ Ein „Safety Case“ bezeichnet allgemein eine Sammlung von Argumenten und Beweisen zur Demonstration der Sicherheit einer Anlage und kann als eine während der Lebensdauer eines Projektes fortgeschriebene Sammlung von Argumenten und Beweisen verstanden werden, auf deren Basis im gesamten Projektverlauf Entscheidungen getroffen, gerechtfertigt und dokumentiert werden (BGE 2020af).

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: 610
SG	0330				EA	TF	0002	00	

Im deutschen Sprachgebrauch wird der Begriff „Ungewissheit“ oft synonym mit dem Begriff „Unsicherheit“ verwendet. Im StandAG selbst und dessen Begründung (BT-Drs. 18/11398) findet der Begriff „Unsicherheit“ Anwendung. Demgegenüber wird in der Endlagersicherheitsanforderungsverordnung (EndlSiAnfV) und der EndlSiUntV generell der Begriff „Ungewissheit“ verwendet, mit Ausnahme der einmaligen Verwendung des Begriffs „Unsicherheitsanalyse“. In den vorherigen Sicherheitsanforderungen aus dem Jahr 2010 (BMU 2010) wurde wiederum ausschließlich der Begriff „Unsicherheit“ verwendet. Allerdings liegt hier eine gewisse Doppeldeutigkeit vor, da der Begriff „Unsicherheit“ sowohl eine unvollständige Informationslage (englisch: „uncertainty“), als auch das Bestehen einer potenziellen Gefährdung (englisch: „insecurity“) beschreiben kann. Eckhardt (2020) plädiert dafür, ausschließlich den Begriff „Ungewissheit“ zu verwenden und die Bezeichnung „Unsicherheit“ nur in Zusammenhang mit dem Begriff „Unsicherheitsanalyse“ zu nutzen, da es sich hierbei um eine etablierte Terminologie handelt. Auch Fischer-Appelt et al. (2013) weisen darauf hin, dass der Begriff „Unsicherheit“ mit „*einer möglichen Gefährdung verwechselt werden kann*“. Basierend darauf wird im Projekt „Vorläufige Sicherheitsanalyse Gorleben“ (VSG), das noch auf den ehemaligen Sicherheitsanforderungen aus dem Jahr 2010 (BMU 2010) aufbaut, auf den Begriff „Unsicherheit“ verzichtet und der Begriff „Ungewissheit“ verwendet (Fischer-Appelt et al. 2013). Die Begriffe „Ungewissheitsanalyse“ und „Unsicherheitsanalyse“ finden in der VSG jedoch beide Anwendung (Fischer-Appelt et al. 2013).

Basierend auf der etablierten Verwendung des Begriffs „Ungewissheit“, z. B. in der EndlSiUntV, Eckhardt (2020) und Fischer-Appelt et al. (2013), präferiert auch die BGE den Begriff „Ungewissheit“ gegenüber „Unsicherheit“. Dementsprechend verwendet die BGE auch den Begriff „Ungewissheitsanalyse“.

Unter Einbezug vorhergehender und unter Berücksichtigung internationaler Arbeiten definiert die BGE Ungewissheiten im Zusammenhang mit dem Standortauswahlverfahren wie folgt:

- Ungewissheit ist ein Mangel an Gewissheit und/oder Informationen zur Beschreibung des Systems und somit zur Einschätzung möglicher negativer Konsequenzen.
- Ungewissheiten können sowohl durch fehlendes Wissen, als auch durch natürliche Variabilität entstehen.

10.3 Aktueller Wissensstand

10.3.1 Ursachen für Ungewissheiten und Kategorisierungsansätze

Im folgenden Kapitel wird ein kurzer Überblick über die Natur und die Ursachen von Ungewissheiten gegeben. Darüber hinaus werden internationale Kategorisierungsansätze von Ungewissheiten, z. B. von der IAEA, Posiva Oy oder der Nagra, die in der Schweiz für die Entsorgung nuklearer Abfälle zuständige Organisation, beschrieben. Die von der BGE verwendete Kategorisierung von Ungewissheiten wird in Kapitel 10.4.3 vorgestellt.

International besteht Konsens über die Klassifizierung von Ungewissheiten anhand ihres natürlichen Ursprungs und ihrer Quellen in Sicherheitsbewertungen radioaktiver Abfällen, auch wenn teilweise

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: 611

unterschiedliche Terminologie verwendet wird (Röhlig et al. 2012). In der Regel werden die Ungewissheiten, die mit der Repräsentation von Systemen der realen Welt verbunden sind, auf Basis ihrer Natur und ihrer Quellen folgendermaßen kategorisiert (IAEA 2019; Nummi 2019; IAEA 2013):

1. **Aleatorische Ungewissheit** ist die inhärente, natürliche Variabilität eines Sachverhalts, die von dem stochastischen Charakter des zu Grunde liegenden Prozesses (wie zum Beispiel dem Prozess des Atomzerfalls) entsteht. Diese Ungewissheit ist nicht reduzierbar.
2. **Epistemische Ungewissheit** resultiert aus fehlendem Wissen. Diese Art von Ungewissheit ist deshalb zumindest theoretisch durch Gewinnung von neuen Informationen anhand weiterführender Forschung oder Experimente reduzierbar. Die Ungewissheit resultierend aus Vereinfachungen in der Beschreibung eines komplexen Phänomens sowie das Expertenwissen über einen Sachverhalt zählen zu epistemischen Ungewissheiten.

In verschiedenen Fällen können beide Arten von Ungewissheiten in demselben Sachverhalt auftreten, beispielsweise bei der Beschreibung von einem stochastischen (aleatorischen) Phänomen mit nicht ausreichender Datenlage (epistemisch) (siehe auch Abbildung 219):

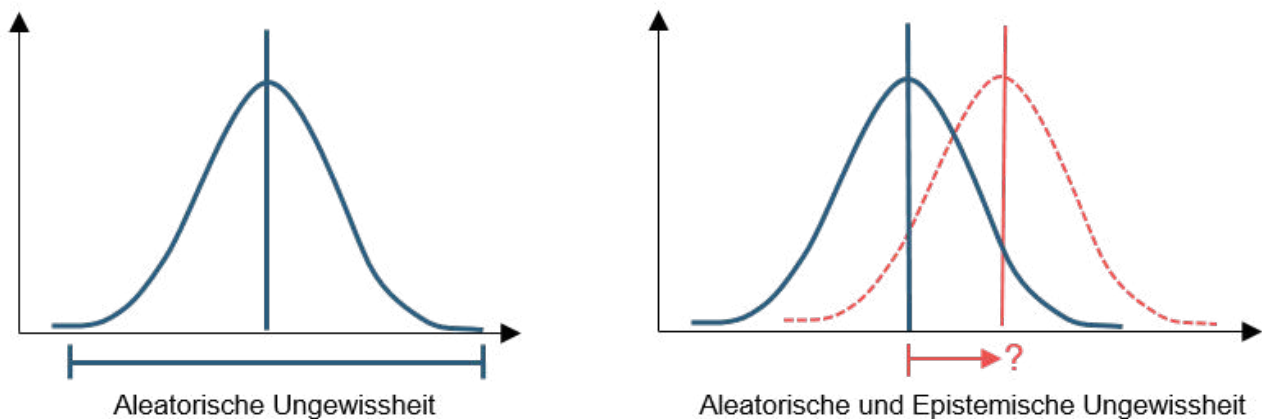


Abbildung 219: Exemplarische Illustration aleatorischer und epistemischer Ungewissheiten anhand einer fiktiven Parameterverteilung.

Links: Aufgrund der statistischen Variabilität des Parameters ergibt sich eine Verteilung von Parameterwerten, in diesem Fall eine Normalverteilung mit einem bestimmten Mittelwert und einer Standardabweichung. Dies ist eine aleatorische Ungewissheit. Rechts: Aufgrund von Kenntnisdefiziten kann die Verteilung der Parameterwerte nicht genau bestimmt werden, sodass keine genaue Aussage über den Mittelwert gemacht werden kann. Die Ungewissheit bezüglich der Art und des Aussehens der Parameterverteilung wird als epistemische Ungewissheit bezeichnet.

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: 612

Ferner gibt es weitere Möglichkeiten, wie Ungewissheiten kategorisiert werden können. Je nach Anwendung können dabei unterschiedliche Vor- und Nachteile bestehen. Hinsichtlich der Beschreibung von Endlagersystemen haben sich die folgenden Kategorien international etabliert (IAEA 2012; Nagra 2002a; Nummi 2019; Röhlig et al. 2012; OECD-NEA 1997; Nagra 2016b; Baltés & Röhlig 2004):

1. **Szenariungewissheiten:** Diese Kategorie wird beispielsweise von Nummi (2019) und Nagra (2016b) verwendet und beschreibt Ungewissheiten in Bezug auf die allgemeine Entwicklung des Endlagersystems und seiner Umgebung, d. h. das Verhalten des technischen Systems, der physikalischen Prozesse und der geologischen Standortbedingungen im Laufe der Zeit vor und nach dem Verschluss des Endlagers.
2. **Modellungsgewissheiten:** Ungewissheiten in Zusammenhang mit unvollständigem Wissen und/oder eingeschränktem Verständnis der natürlichen und technischen Systeme oder der zugrundeliegenden physikalischen Prozesse und deren Wechselwirkungen. Dies umfasst ebenfalls Einschränkungen der (Computer-)Modelle, diese Prozesse ohne Genauigkeitsverlust abzubilden. Dies rührt vor allem von den notwendigen Vereinfachungen und Annahmen durch mathematische Darstellungen und Abstraktionen, die zur Betrachtung des Systems und der Prozesse verwendet werden müssen. Nagra (2016b) bezeichnet diese Ungewissheit auch als konzeptionelle Ungewissheit.
3. **Parameterungewissheiten:** Ungewissheiten in Bezug auf die Parameter, die in den implementierten Bewertungsmodellen (Computermodellen) verwendet werden. Sie resultieren in der Regel aus der natürlichen Variabilität bestimmter Parameter über Raum und/oder Zeit, aus unzureichenden Daten, aus der Extrapolation eines Parameterwerts von Laborbedingungen auf den realen Systemmaßstab, oder aus Messfehlern bei Experimenten (Nagra 2002a; OECD-NEA 1997). Diese Ungewissheit wurde in Röhlig et al. (2012) als Parameter- und Datenungewissheit und in Nummi (2019) nur als Datenungewissheit bezeichnet.

In SKB (2015) sind die Ungewissheiten, die die Unvollständigkeit der Beschreibung des Endlagersystems mit seinen maßgeblichen Merkmalen, Ereignissen und Prozessen (FEPs) darstellen, als „Systemungewissheit“ definiert. Die „Modellungsgewissheit“ wird verwendet, um Fehler in den Berechnungsmodellen zu beschreiben. Der Begriff „Parameterungewissheit“ wird von SKB darüber hinaus für die Bezeichnung der nicht vollständig bekannten Eingangsparameter der Berechnungsmodelle verwendet. Außerdem wird der Begriff „räumliche Parametervariation“ eingesetzt, um sich hauptsächlich auf physikalische Parameter, wie hydraulische, mechanische und chemische Prozesse mit räumlicher Variabilität, zu beziehen (SKB 2015).

Die seitens der BGE vorgenommene Kategorisierung wird im Kapitel 10.4.3 vorgestellt.

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: 613
SG	0330				EA	TF	0002	00	

10.3.2 Etablierte Strategien zum Umgang mit Ungewissheiten

Im folgenden Unterkapitel werden sowohl die international anerkannte, allgemeine Herangehensweise zum Umgang mit Ungewissheiten, als auch diverse Methoden zum Umgang mit Ungewissheiten skizziert. Die Herangehensweise der BGE, welche sich an internationalen Arbeiten orientiert, wird in Kapitel 10.4.4 erläutert.

Die allgemein anerkannte Strategie zum Umgang mit Ungewissheiten umfasst (IAEA 2013; Vigfusson et al. 2007):

1. die Identifikation von Ungewissheiten,
2. deren Charakterisierung und Bewertung sowie
3. die Vermeidung und/oder Reduzierung von Ungewissheiten.

Vigfusson et al. (2007) empfehlen, Ungewissheiten zu identifizieren und einen Katalog für alle signifikanten Ungewissheiten zu erstellen, in welchem alle Ungewissheiten nachverfolgt werden können. Falls eine Ungewissheit als nicht signifikant für eine weitere Betrachtung und Analyse eingeordnet wird, sollen dies und die entsprechenden Gründe dafür dokumentiert werden.

Um Szenariengewissheiten zu charakterisieren und zu bewerten, werden nach IAEA (2012) im Allgemeinen eine Anzahl verschiedener Szenarien betrachtet, welche ein Referenzszenario (im Englischen auch oft: „base case scenario“) und weitere Alternativszenarien umfassen. Diese Szenarien sollen anhand einer gut definierten Methodik unter der Berücksichtigung der FEPs abgeleitet werden (Nummi 2019; IAEA 2012).

Für jedes Szenario müssen demnach Modell- und Parameter- bzw. Datenungleichheiten betrachtet werden. Dazu dient oft der Vergleich von unterschiedlichen alternativen Modellen. Laut IAEA (2012) können darüber hinaus Sensitivitäts- und Ungewissheitsanalysen genutzt werden, um z. B. zu zeigen, dass das System bezüglich bestimmter Parameter nicht sensitiv ist, auch wenn diese stark verändert werden. Des Weiteren können Ungewissheiten hinsichtlich der Daten und Modelle mittels konservativer Annahmen berücksichtigt werden. Hier hebt die IAEA aber klar hervor, dass diese Annahmen gewisse Vor- und Nachteile mit sich bringen können (IAEA 2012). Einerseits kann eine konservative Annahme die Demonstration der Einhaltung einer regulatorischen Vorgabe unterstützen, andererseits können zu viele konservative Annahmen dazu führen, dass das System nicht realistisch abgebildet wird (IAEA 2012). Zur Charakterisierung von Ungewissheiten empfiehlt die IAEA (IAEA 2013) sowohl die Verwendung von deterministischen als auch probabilistischen Ansätzen (siehe auch Kapitel 10.3.3). Insbesondere bei der Kommunikation von Ergebnissen aus probabilistischen Ansätzen gegenüber Entscheidungsträgern können deterministische Rechnungen hilfreich sein. Darüber hinaus weist die IAEA darauf hin, dass, wenn Ungewissheiten genannt werden, auch eine Bewertung hinsichtlich der Sicherheit und eine Strategie zum zukünftigen Umgang mit der Ungewissheit mit angeführt werden sollten (IAEA 2012).

Die Strategie der Nagra, beispielweise zum Umgang mit Ungewissheiten, umfasst eine vorhergehende Untersuchung der identifizierten Ungewissheiten hinsichtlich ihrer potenziellen sicherheitsge-

**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: 614

richteten Relevanz, basierend u. a. auf Ergebnissen aus Sensitivitätsanalysen oder wissenschaftlichem Verständnis (Nagra 2002a). Alle Ungewissheiten, die in Folge der Analyse als nicht relevant bezüglich der Sicherheit bewertet werden, werden bei dem Vorgehen der Nagra entweder nicht weiter in folgenden Analysen betrachtet, oder werden mittels „What If“³¹-Fällen analysiert. Der Umgang mit den verbliebenen, relevanten Ungewissheiten ist davon abhängig, ob deren radiologische Konsequenzen anhand eines Modells weiter analysiert werden können und ob die Ungewissheit generell reduzierbar ist. Im Falle, dass ein entsprechendes Modell vorhanden ist und die Ungewissheit reduzierbar ist, führt die Nagra einen probabilistischen Ansatz und/oder ggf. weitere Analysen durch, um die radiologische Konsequenz zu untersuchen. Falls keine Modelle vorhanden sind, oder eine Reduktion nicht möglich ist, trifft die Nagra eine konservative Annahme. Diese gewährleistet, dass radiologische Konsequenzen nicht unterschätzt werden (Nagra 2002a).

Generell stellt der Umgang mit Ungewissheiten im Kontext der Endlagerung einen iterativen Prozess dar, bei welchem mit jeder Iteration im Verfahren identifizierte Ungewissheiten reduziert oder sogar eliminiert werden können, z. B. durch Erkundungen (Fischer-Appelt et al. 2013). Trotz der Durchführung von Reduzierungsmaßnahmen werden allerdings nicht alle Ungewissheiten in Gänze reduziert oder vermieden werden können. Darüber hinaus wird es immer Ungewissheiten geben, welche nicht identifiziert werden. Diese sind per Definition nicht Teil der Ungewissheitsanalyse (Nummi 2019). Ziel ist es, mittels der Betrachtung und Bewertung von Ungewissheiten das Verständnis des Systems und möglicher radiologischer Konsequenzen zu verbessern (Nagra 2002a) und durch die Reduzierung von Ungewissheiten und deren Auswirkungen ein robustes Endlagerkonzept zu erlangen, welches resistent ist gegenüber inneren und äußeren Einflüssen (Nummi 2019).


10.3.3 Möglichkeiten der Charakterisierung von Ungewissheiten

Im folgenden Kapitel werden verschiedene Möglichkeiten zur Charakterisierung von Ungewissheiten dargestellt, die international Anwendung finden. Ansätze, welche von der BGE bei der Charakterisierung von Ungewissheiten verfolgt werden, werden in Kapitel 10.4, insbesondere in Kapitel 10.4.5, beschrieben.

Nachdem Ungewissheiten im Endlagersystem identifiziert wurden, folgt in einem nächsten Schritt im Allgemeinen deren Beschreibung (Charakterisierung), um unter den identifizierten Ungewissheiten eine Sicherheitsbewertung des Systems zu ermöglichen. Diese Charakterisierung erfolgt in der Regel nach Art der durchgeführten Sicherheitsanalyse.

Nach Röhlig et al. (2012) werden bei der quantitativen Sicherheitsbewertung von geologischen Endlagern radioaktiver Abfälle hauptsächlich zwei quantitative Analyseansätze verwendet: die deterministische und die probabilistische Methode. Diese werden in den meisten Ländern sogar als komplementäre Ansätze verwendet. In Vigfusson et al. (2007) und Röhlig et al. (2012) ist angegeben,

³¹ „What if“- Szenarien/Fälle entsprechen den hypothetischen Entwicklungen, die in den rvSU noch nicht abgeleitet werden sollen (siehe Kapitel 8.2.2)

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: 615
SG	0330				EA	TF	0002	00	

dass sowohl deterministische, als auch probabilistische Analysemethoden bei der Sicherheitsbewertung des Endlagers eingesetzt werden können, um das Verhalten des Systems besser zu verstehen und möglichst viele seiner Variationen zu erfassen.


In der deterministischen Analyse wird die Ungewissheit in der Regel nicht nach ihrem Typ differenziert und es werden nur einige Grenzen definiert, die die unbestimmten Phänomene oder Eigenschaften umfassen. Anschließend wird eine Reihe von deterministischen Modellrechnungen durchgeführt, die in den meisten Fällen erwartete typische Situationen, Grenzsituationen und exemplarische Extremsituationen darstellen. Laut Vigfusson et al. (2007) können diese Berechnungen zeigen, dass das System auch unter konservativen Annahmen sicher ist.

Demgegenüber werden in der probabilistischen Analyse die ungewissen Parameter oder Phänomene, die normalerweise die Merkmale („Features“) des Systems repräsentieren, als Zufallsvariablen oder Zufallsfelder behandelt. Dabei werden Wahrscheinlichkeitsverteilungen, die aus verfügbaren Daten ermittelt wurden, verwendet, um die entsprechenden Ungewissheiten zu quantifizieren (Bjorge et al. 2022). Die Ermittlung dieser Verteilungen kann, wie in Nummi (2019) beschrieben, auch durch die Bayes'sche-Aktualisierung („Bayesian Updating“) erfasst werden. Darin werden a priori Verteilungsfunktionen auf Basis verfügbarer Daten erfasst. Anschließend werden diese Verteilungen anhand neuer Informationen, z. B. aus Literaturquellen oder durch Expertenwissen, aktualisiert, um die a posteriori Verteilungsfunktionen zu gestalten (Nummi 2019).

Den Wahrscheinlichkeitsverteilungen werden auch Ungewissheiten zugeordnet, die sich auf epistemische Ungewissheiten in der Beschreibung der physikalischen Prozesse des Endlagersystems beziehen. Ein Beispiel ist die Ungewissheit verbunden mit einem rein mathematischen Parameter (deterministischer Wert, aber unbekannt), der in der mathematischen Repräsentation der Prozesse verwendet wird. In diesem Fall repräsentieren die Wahrscheinlichkeitsverteilungen den Grad der Überzeugung („degree of belief“), d. h. die Gültigkeit einer Modellannahme (Vigfusson et al. 2007).

Nach der Quantifizierung der Ungewissheiten mittels Wahrscheinlichkeitsverteilungsfunktionen wird in der Regel der Einfluss dieser Ungewissheiten auf Basis einer Monte-Carlo-Simulation unter Verwendung eines geeigneten Stichprobenverfahrens bewertet (Nummi 2019).

Bei der Modellierung der epistemischen (subjektiven) Ungewissheiten durch eine Wahrscheinlichkeitsverteilung, die den Grad der Überzeugung („degree of belief“) wiedergibt, können verzerrte und irreführende Ergebnisse erzielt werden, die Artefakte der Bewertung sind (Vigfusson et al. 2007). Daher werden z. B. hybride Ansätze verwendet, welche in der Lage sind, die aleatorische und die epistemische Ungewissheit (Grad der Überzeugung oder Expertenurteil) adäquat zu modellieren. Zwei Beispiele für diese Methoden sind der unpräzise Wahrscheinlichkeitsansatz („Imprecise Probability“) (Beer et al. 2013) und der „Fuzzy-Randomness-Ansatz“ (Möller & Beer 2004). Diese Methoden sind von besonderer Bedeutung bei der Charakterisierung der Eigenschaften, die gleichzeitig epistemische und aleatorische Ungewissheiten beinhalten – z. B. bei der Beschreibung eines Parameters (Eigenschaft) mit natürlicher Variabilität anhand unzureichender Daten. Darüber hinaus kann die „Fuzzy-Theory“-Methodik (Bandemer & Gottwald 1995), die zu den nicht-deterministischen An-

Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung									 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	Blatt: 616
SG	0330				EA	TF	0002	00	

sätzen gehört, zur Ungewissheitscharakterisierung verwendet werden. Dieser Ansatz überführt näherungsweise semi-quantitative oder rein qualitative Aussagen zu Ungewissheiten in numerische Werte (Bereiche).

10.4 Umgang und Bewertung von Ungewissheiten in den rvSU

10.4.1 Überblick der Herangehensweise

Kapitel 10.1 beschreibt die in der EndSiUntV enthaltenen Vorgaben in Bezug auf die Betrachtung von Ungewissheiten in den rvSU. Diese Vorgaben sowie der unter Kapitel 10.3 dargelegte aktuelle Wissensstand zum Thema Ungewissheiten bilden die Rahmenbedingungen der Konzeptentwicklung. Das nachfolgende Kapitel skizziert die Herangehensweise, wie mit Ungewissheiten in den rvSU umgegangen werden soll.

Die Herangehensweise basiert dabei einerseits auf den regulatorischen Vorgaben und andererseits auf dem übergeordneten Konzept zur Durchführung der rvSU (BGE 2022a). Herausforderung war insbesondere, für die komplexe Thematik der Ungewissheiten ein für die rvSU bzw. Phase I, Schritt 2 des Standortauswahlverfahrens angemessenes Abstraktionslevel zu finden.

Das übergeordnete Konzept zur Durchführung der rvSU (BGE 2022a) sieht eine detaillierte Betrachtung von Ungewissheiten in den rvSU nur für Teiluntersuchungsräume der Kategorie „A“ vor (Abbildung 220). Diese enthält von den vier verschiedenen Kategorien („A“, „B“, „C“, „D“, vgl. Abbildung 220) die am besten geeigneten Teiluntersuchungsräume.

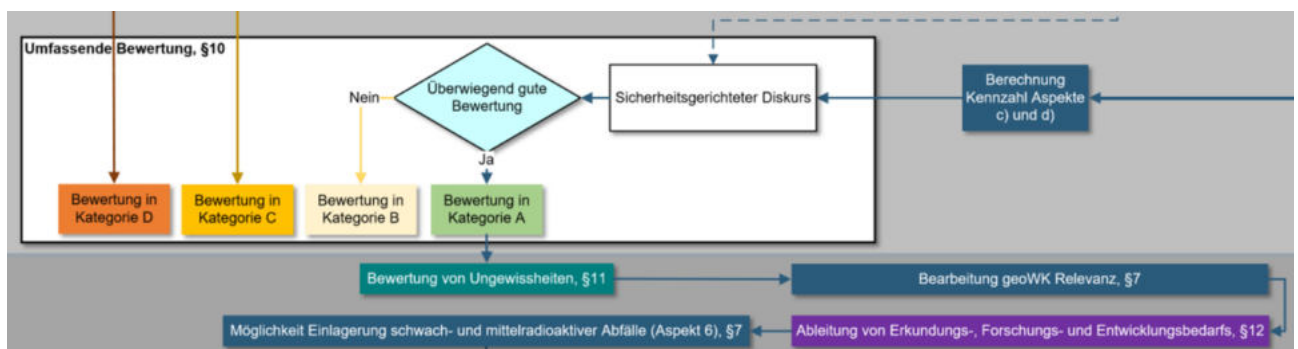



Abbildung 220: Ausschnitt aus dem allgemeinen Arbeitsablauf der rvSU gemäß des übergeordneten Konzepts zur Durchführung der rvSU (verändert nach BGE 2022a)

Anzumerken ist jedoch, dass, unabhängig davon, Ungewissheiten trotzdem während eines jeden Arbeitsschritts der rvSU zu identifizieren und entsprechend den Vorgaben der EndSiUntV einzuordnen sind. Die Betrachtung von Ungewissheiten erfolgt somit grundsätzlich über die gesamte rvSU hinweg. Die detailliertere Betrachtung von Ungewissheiten für Teiluntersuchungsräume der Kategorie A soll als Teil der bzw. im Nachgang der umfassenden Bewertung des Endlagersystems in Berichtsform erfolgen. Die generelle Vorgehensweise zum Umgang mit Ungewissheiten in den rvSU orientiert sich an den Vorgaben der EndSiUntV und ist in schematischer Form in Abbildung 221 dargestellt. Basierend auf den Anforderungen der EndSiUntV und international anerkannten Herangehensweisen, lässt sich die generelle Vorgehensweise wie folgt beschreiben:

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: 617
SG	0330				EA	TF	0002	00	

- Identifikation und Ausweisung der bestehenden Ungewissheiten, wobei eine systematische Erfassung der bestehenden Ungewissheiten je wesentlichem Arbeitsschritt der rvSU (z. B. „Geosynthese“ – § 5 EndlSiUntV oder „Analyse des Endlagersystems“ – § 7 EndlSiUntV, etc.) in einer Erfassungstabelle (siehe Kapitel 10.4.2) erfolgt.
- Charakterisierung und Kategorisierung der bestehenden Ungewissheiten.
- Beschreibung und Dokumentation des Umgangs mit den identifizierten Ungewissheiten – beispielsweise die Betrachtung von Ungewissheiten anhand von Ungewissheits- oder Sensitivitätsanalysen.
- Beschreibung der Auswirkungen der bestehenden Ungewissheiten, insbesondere hinsichtlich der Sicherheit des Endlagersystems.
- Abschätzung des Einflusses weiterer Erkundungs-, Forschungs- und Entwicklungsmaßnahmen auf die identifizierten Ungewissheiten.

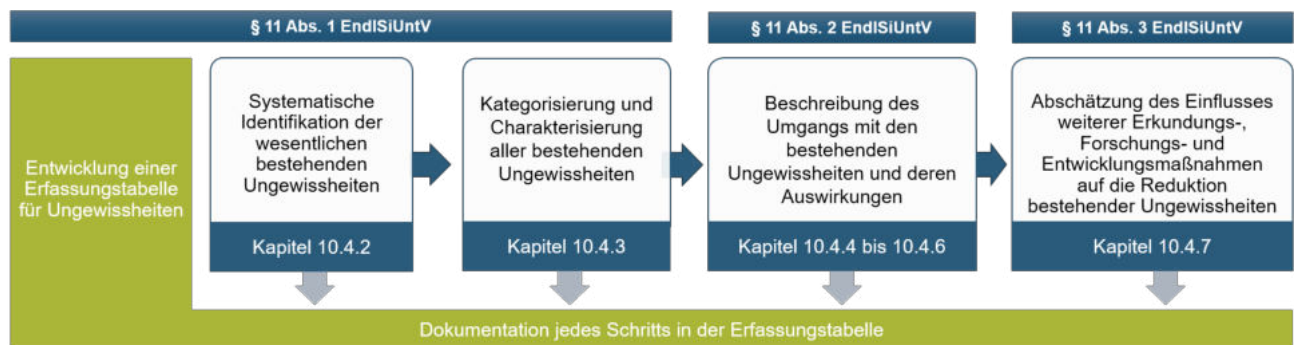



Abbildung 221: Schematische Darstellung der Herangehensweise zum Umgang mit Ungewissheiten in den rvSU basierend auf den Anforderungen von § 11 EndlSiUntV mit Verweisen zu den jeweiligen Kapiteln in diesem Dokument

Es ist anzumerken, dass mit Fortlauf der Überlegungen zur Durchführung der rvSU ggf. Anpassungen des hier vorgestellten Konzepts möglich sind („lernendes Verfahren“). Ebenso ist abzusehen, dass sich die Vorgehensweise in Bezug auf den Umgang mit Ungewissheiten im Laufe des Standortauswahlverfahrens mit zunehmendem Kenntnisstand weiterentwickeln wird, beispielsweise durch verstärkt durchgeführte Sensitivitätsanalysen in den verwendeten Modellen und die Berücksichtigung der Arbeiten und Ergebnisse des von der BGE initiierten und gegenwärtig laufenden Forschungsvorhabens zu Ungewissheiten („Ungewissheiten und Robustheit mit Blick auf die Sicherheit eines Endlagers für hochradioaktive Abfälle – URS“). Es ist also z. B. zu erwarten, dass die Herangehensweise in Bezug auf Ungewissheiten in Phase II des Standortauswahlverfahrens (vgl. § 16 StandAG) abweichend und komplexer sein wird.

Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung									 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	Blatt: 618
SG	0330				EA	TF	0002	00	

10.4.2 Systematische Erfassung und Dokumentation von Ungewissheiten

Basierend auf den Vorgaben von § 11 EndlSiUntV bzw. den Anforderungen der einzelnen Absätze in Bezug auf die rvSU, wurde initial eine Erfassungstabelle zur systematischen Erfassung und Einordnung der bestehenden Ungewissheiten sowie zur Dokumentation des Umgangs mit den Ungewissheiten entwickelt. Jede identifizierte Ungewissheit soll innerhalb der Erfassungstabelle aufgeführt, entsprechend den Anforderungen der EndlSiUntV eingeordnet und mit den verschiedenen Arbeitsschritten der rvSU in Verbindung gebracht werden. Die Erfassungstabelle dient der Erfüllung sämtlicher Anforderungen des § 11 EndlSiUntV in Hinblick auf den Umgang mit Ungewissheiten in den rvSU und somit den gesetzlichen Bestimmungen des Standortauswahlverfahrens. Die Erfassungstabelle ist für jeden Teiluntersuchungsraum individuell ausfüllbar.


Die Identifikation von Ungewissheiten erfolgt für jeden Arbeitsschritt der rvSU (s. u.) systematisch über gezielte, auf der Erfassungstabelle basierenden Abfragen an die für die einzelnen Arbeitsschritte jeweils zuständigen Bearbeiterinnen und Bearbeiter. Die Erfassungstabelle zielt darauf ab, die während der rvSU auftretenden Ungewissheiten systematisch zu dokumentieren und entsprechend den Vorgaben von § 11 EndlSiUntV einzuordnen und zu bewerten. Die Erfassungstabelle ist so aufgebaut, dass eine systematische Ausweisung und Betrachtung von Ungewissheiten entsprechend § 11 EndlSiUntV erfolgen kann. Mögliche Ungewissheiten sollen dabei abhängig von den für die rvSU erforderlichen, wesentlichen Arbeitsschritten ausgewiesen werden. Diese entsprechen grundsätzlich den folgenden Vorschriften der EndlSiUntV:

- § 3 EndlSiUntV (Untersuchungsraum),
- § 5 EndlSiUntV (Geosynthese),
- § 6 EndlSiUntV (vorläufiges Sicherheitskonzept, vorläufige Auslegung des Endlagers),
- § 7 EndlSiUntV (Analyse des Endlagersystems),

Hinzu kommen methodische Vorüberlegungen bzw. vorbereitende Arbeiten zu den rvSU. Jeder Arbeitsschritt kann darüber hinaus, in Anlehnung an das übergeordnete Konzept zur Durchführung der rvSU (BGE 2022a), bei Bedarf noch in weitere Teil-Arbeitsschritte unterteilt werden. Generell wird jede Ungewissheit dem jeweiligen Arbeitsschritt zugeordnet, in dem sie identifiziert wurde. Die in den jeweiligen Arbeitsschritten ausgewiesenen Ungewissheiten werden anschließend mit Bezug zu den unterschiedlichen Anforderungen von § 11 EndlSiUntV noch detaillierter beschrieben und bewertet. Zum Ausfüllen besteht entweder die Möglichkeit, einen Text einzugeben, oder eine vorgegebene Antwortmöglichkeit auszuwählen. Letzteres bietet die Möglichkeit des Filterns für eine weiterführende Auswertung der bestehenden Ungewissheiten und eine Identifikation von Verknüpfungen zwischen verschiedenen Ungewissheiten.

Die Bearbeitung der Erfassungstabelle erfolgt, entsprechend den unterschiedlichen Bestimmungen von § 11 EndlSiUntV, in drei Bearbeitungsabschnitten:

1. Charakterisierung (vgl. § 11 Abs. 1 EndlSiUntV),
2. Umgang und Auswirkungen (vgl. § 11 Abs. 2 EndlSiUntV),

Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung								 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG	
Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev	Blatt: 619
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
SG	0330				EA	TF	0002	00	


3. Reduktion durch Erkundungs-, Forschungs- und Entwicklungsbedarf (vgl. § 11 Abs. 3 Endl-SiUntV).

Im ersten Bearbeitungsabschnitt „Charakterisierung“, werden die pro wesentlichem Arbeitsschritt der rvSU identifizierten Ungewissheiten zunächst hinsichtlich der Anforderungen von § 11 Abs. 1 Endl-SiUntV eingeordnet (Abbildung 222). Dies beinhaltet, neben der eigentlichen Identifikation der bestehenden Ungewissheiten, insbesondere eine allgemeine Erläuterung bzw. Darstellung des jeweils zugrundeliegenden Sachverhalts inkl. Angabe der jeweiligen Ursachen der identifizierten Ungewissheiten. Des Weiteren wird beispielsweise der Bezug zum jeweiligen Teiluntersuchungsraum, Untersuchungsraum, Teilgebiet und zum entsprechenden Wirtsgestein (Steinsalz, Tongestein oder Kristallingestein, vgl. § 1 Abs. 3 StandAG) hergestellt. Innerhalb des Bearbeitungsabschnitts „Charakterisierung“ werden die identifizierten Ungewissheiten außerdem noch einer der vier fest definierten Ungewissheits-Kategorien (siehe dazu Kapitel 10.4.3) zugewiesen. Den Abschluss des Bearbeitungsabschnitts „Charakterisierung“ bilden die Beschreibung der jeweils auf Basis der identifizierten Ungewissheiten getroffenen Annahmen, sowie eine Begründung dieser Annahmen.

§ 11 Abs. 1 Endl-SiUntV (Charakterisierung)									
Identifizierte Ungewissheit	Erläuterung der Ungewissheit	Ursache der Ungewissheit	Untersuchungsraum	Teiluntersuchungsraum	Teilgebiet	Wirtsgestein	Kategorie der Ungewissheit	Getroffene Annahmen	Begründung der Annahmen

Abbildung 222: Ausschnitt aus der Erfassungstabelle, der die Eingabefelder zur Charakterisierung einer Ungewissheit zeigt

Im nachfolgenden Bearbeitungsabschnitt „Umgang und Auswirkungen“ (vgl. § 11 Abs. 2 Endl-SiUntV) sollen der Umgang mit den Ungewissheiten und die Auswirkungen der jeweils bestehenden Ungewissheiten aufgezeigt werden (Abbildung 223). Dabei sind entsprechend § 11 Abs. 2 Endl-SiUntV insbesondere die Auswirkungen der Ungewissheiten auf die Aussagekraft der rvSU und die Auswirkungen der Ungewissheiten auf sicherheitsgerichtete Aussagen zu dokumentieren. Hierzu stehen innerhalb der Erfassungstabelle fünf Felder zur Verfügung, in denen zu Beginn zunächst beschrieben wird, ob und inwieweit eine ausgewiesene Ungewissheit Einfluss auf die Ergebnisse der rvSU hat. Nachfolgend ist anzugeben, ob die identifizierte Ungewissheit einen Einfluss auf die Zuverlässigkeit von sicherheitsgerichteten Aussagen hat (ja/nein Aussage). Falls dies zutrifft, ist abzuschätzen, in welchem Maße sie beeinflusst werden. Dies kann, soweit es möglich ist, in Form einer quantitativen oder semi-quantitativen Einschätzung erfolgen. Außerdem ist eine Begründung anzuführen, unabhängig davon, ob die Ungewissheit die sicherheitsgerichteten Aussagen beeinflusst, oder nicht. Abgeschlossen wird der Bearbeitungsabschnitt „Umgang und Auswirkungen“ mit einer Darstellung des Umgangs mit den jeweils identifizierten Ungewissheiten.

Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung								 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG	
Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev	Blatt: 620
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
SG	0330				EA	TF	0002	00	

§ 11 Abs. 2 EndlSiUntV (Umgang und Auswirkungen)				
Erwartete Auswirkung der Ungewissheit auf die Aussagekraft des Ergebnisses der vSU	Beeinflusst die Ungewissheit die Zuverlässigkeit sicherheitsgerichteter Aussagen?	Wie groß ist das Ausmaß der Beeinflussung?	Warum beeinflusst die Ungewissheit die Zuverlässigkeit sicherheitsgerichteter Aussagen (nicht)?	Umgang mit der Ungewissheit

Abbildung 223: Ausschnitt aus der Erfassungstabelle, der die Eingabefelder zum Umgang mit Ungewissheiten und die Dokumentation ihrer Auswirkungen zeigt

Der letzte Bearbeitungsabschnitt „Reduktion durch Erkundungs-, Forschungs- und Entwicklungsbedarf“ (vgl. § 11 Abs. 3 EndlSiUntV) zielt auf die Einschätzung der Möglichkeit einer Reduktion der identifizierten Ungewissheiten durch weitere Erkundungs-, Forschungs- und Entwicklungsmaßnahmen ab Abbildung 224. Diesbezüglich stehen der Erfassungstabelle vier Felder zur Verfügung. Dabei soll zunächst festgestellt werden, ob sich eine identifizierte Ungewissheit überhaupt reduzieren ließe, und im Weiteren, durch welche konkrete Maßnahme (z. B. Forschung, Entwicklung, Erkundung, etc.) dies bestmöglich erreicht werden könnte. Im Anschluss erfolgen, unter Berücksichtigung der vorherigen Angaben, eine Einschätzung des möglichen Umfangs der Reduktion und eine Abschätzung, ob eine Reduktion der Ungewissheit potenziell die Zuverlässigkeit sicherheitsgerichteter Aussagen erhöhen würde.


§ 11 Abs. 3 EndlSiUntV (Reduktion durch Erkundungs-, Forschungs- und Entwicklungsbedarf)			
Reduzierung der Ungewissheit durch Erkundungs-, Forschungs- und Entwicklungsmaßnahmen möglich?	Reduzierung der Ungewissheit insbesondere durch...	Ausmaß der Reduzierung der Ungewissheit durch Erkundungs-, Forschungs- und Entwicklungsmaßnahmen	Potential zur Erhöhung der Zuverlässigkeit der sicherheitsgerichteten Aussagen durch Erkundungs-, Forschungs- und Entwicklungsmaßnahmen

Abbildung 224: Ausschnitt aus der Erfassungstabelle, der die Eingabefelder zur Reduktion einer Ungewissheit zeigt

Unabhängig von den drei an § 11 EndlSiUntV angelegten Bearbeitungsabschnitten soll in der Tabelle außerdem noch eine Priorisierung der identifizierten Ungewissheiten in den rvSU vorgenommen werden. Dabei soll insbesondere das Potenzial zur Erhöhung der Zuverlässigkeit sicherheitsgerichteter Aussagen und das Ausmaß und die Möglichkeiten der Reduzierung betrachtet werden. Ferner können für jede Ungewissheit weiterführende Informationen und/oder Kommentare erfasst werden (Abbildung 225).

Übergeordnet	
Priorität der Ungewissheit in den rvSU	Bemerkungen

Abbildung 225: Ausschnitt aus der Erfassungstabelle, der das Eingabefeld zur übergeordneten Priorisierung einer Ungewissheit sowie das Bemerkungsfeld zeigt

Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung									 BGE 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: 621
SG	0330				EA	TF	0002	00	

10.4.3 Kategorisierung von Ungewissheiten

Um Ungewissheiten hinsichtlich ihrer Quelle einordnen zu können, werden innerhalb der rvSU vier verschiedene Kategorien für Ungewissheiten eingeführt. Diese bilden ein zentrales Element der Erfassungstabelle (siehe Kapitel 10.4.2). Die Notwendigkeit einer Kategorisierung geht aus den in § 11 EndlSiUntV gestellten Anforderungen hervor. Die Kategorien orientieren sich an international üblichen Herangehensweisen (vgl. Kapitel 10.3.1):

1. Methodische Ungewissheiten

Methodische Ungewissheiten beschreiben zum jeweiligen Zeitpunkt im Standortauswahlverfahren grundsätzlich bestehende, übergeordnete Ungewissheiten, die z. B. in Zusammenhang mit gewählten Bearbeitungs- und Herangehensweisen sowie Methoden stehen.

2. Szenariungewissheiten

Szenariungewissheiten beziehen sich auf Ungewissheiten im Zusammenhang mit der zukünftigen Entwicklung des Endlagersystems. Sie ergeben sich einerseits aus der Ungewissheit der Zukunft selbst, und andererseits aus einem limitierten Verständnis des Systems sowie der vorhandenen Komponenten und der wirkenden Prozesse.

3. Modellungewissheiten


Modellungewissheiten entstehen durch den Grad der Abstraktion und die damit verbundene vereinfachte Darstellung des Systems. Sie können sowohl konzeptionellen, mathematischen oder rechnerischen Ursprungs sein oder auch durch ein begrenztes Verständnis des modellierten Systems entstehen.

4. Daten- und Parameterungewissheiten

Daten- und Parameterungewissheiten beschreiben Ungewissheiten in Verbindung mit den zur Verfügung stehenden bzw. verwendeten Daten, die als Grundlage zur Bewertung oder als Eingangsgrößen der Modelle dienen. Der Begriff „Daten“ ist dabei weit gefasst und beinhaltet u. a. (Modell-) Parameterdaten, Messdaten zur Modellkalibrierung und Erkundungsdaten. Datenungewissheiten können von limitierter Verfügbarkeit (fehlende Daten oder auch nicht nutzbare Daten, z. B. bei fehlender Digitalisierung), Messungenauigkeiten, oder inhärenter Variabilität herrühren.

Im Vergleich zu den meisten internationalen Ansätzen, welche drei Kategorien (Daten-, Szenarien- und Modellungewissheiten) verwenden, wird innerhalb der rvSU mit den „Methodischen Ungewissheiten“ eine weitere Kategorie eingeführt. Die Entwicklung von Methoden für die rvSU stellt ein wichtiges Element dar, da aufgrund der Einzigartigkeit des Verfahrens – insbesondere in Hinblick auf die große Anzahl der zu betrachtenden Gebiete unterschiedlicher Wirtsgesteine – ein Großteil der Methoden neu entwickelt und geprüft werden muss.

Es ist zu betonen, dass es sich bei Ungewissheiten der oben genannten vier Kategorien um Ungewissheiten handelt, die mit dem Input in die Analyse des Endlagersystems (§ 7 EndlSiUntV) verknüpft sind. Diese sind nicht mit Prognoseungewissheiten (dem Streubereich der Modellergebnisse,

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: 622
SG	0330				EA	TF	0002	00	

siehe Kapitel 10.4.5) zu verwechseln, die keine eigenständige Kategorie darstellen und ein Teil der Analyseergebnisse und eine Auswirkung der eingehenden Ungewissheiten sind.

Die oben genannten vier verschiedenen Kategorien ermöglichen für jeden Arbeitsschritt der rvSU eine gezielte Einordnung der bestehenden Ungewissheiten.


10.4.4 Umgang mit Ungewissheiten unterschiedlicher Kategorien

Um die Ungewissheiten hinsichtlich der zukünftigen Entwicklung des Endlagersystems abzudecken, werden verschiedene Entwicklungen abgeleitet (Abbildung 226). Das Ausmaß der Ungewissheiten, die den verschiedenen Komponenten und Prozessen im Endlagersystem innewohnen, bestimmt, wie viele abweichende Entwicklungen neben der zu erwartenden Entwicklung abzuleiten sind. Die Ableitung von Entwicklungen wird detailliert in Kapitel 8.2.4 beschrieben.

Die abgeleiteten Entwicklungen können anhand von Rechenfällen, also mittels Computernmodellen und entsprechenden Rechenläufen, rechnerisch abgebildet werden. Darüber hinaus kann es sein, dass Entwicklungen identifiziert werden, die nicht rechnerisch betrachtet werden können und deren Auswirkungen somit qualitativ erfasst werden müssen. Dies könnte insbesondere bei hypothetischen Entwicklungen der Fall sein (diese werden jedoch noch nicht in Schritt 2, Phase I des Standortauswahlverfahrens betrachtet), ist aber auch bei zu erwartenden oder abweichenden Entwicklungen nicht ausgeschlossen. Eine qualitative Betrachtung von Entwicklungen und deren Ungewissheiten kann beispielsweise anhand der Erstellung von „What-if“-Fällen verbalargumentativ durchgeführt werden. Für die Entwicklungen, die anhand von Rechenfällen betrachtet werden, werden die bestehenden Ungewissheiten identifiziert. In diesem Fall wird zwischen Modell- und Daten- und Parameterungewissheiten unterschieden.

Modellungewissheiten werden durch die Betrachtung verschiedener Alternativmodelle, die anhand aufgetretener Ungewissheiten definiert werden, berücksichtigt bzw. quantifiziert. Durch die Betrachtung verschiedener Modelle kann ein Referenzmodell identifiziert und festgelegt werden. Beispiele für verschiedene Alternativmodelle können z. B. die Erstellung des Modells anhand eines alternativen Modellcodes, die Verwendung eines alternativen Stoffmodells, oder eine Variation der Randbedingungen umfassen. Die notwendigen Verifikations- und Validierungsmaßnahmen für die zu entwickelnden rechnerischen Modelle sind durchzuführen.

Der Einfluss von Daten- und Parameterungewissheiten wird durch die Durchführung einer Anzahl von Rechenläufen für jedes Modell betrachtet. Jeder Rechenlauf enthält dementsprechend ein eigenes Set an Parametern.

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: 623
SG	0330				EA	TF	0002	00	

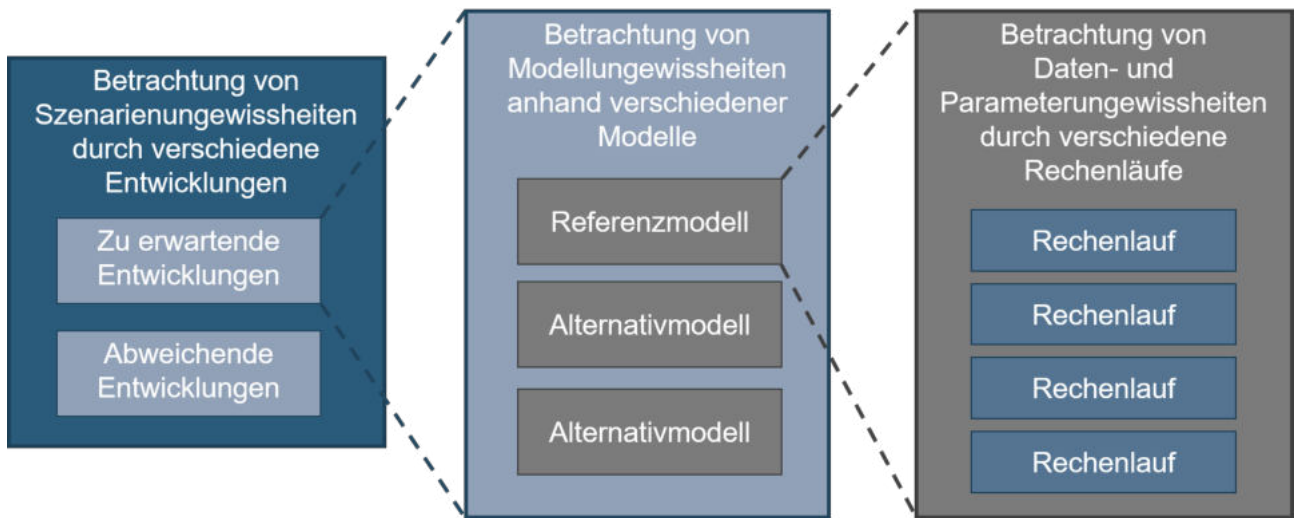



Abbildung 226: Schematische Darstellung des Umgangs mit Ungewissheiten unterschiedlicher Kategorien.
Das hier dargestellte Referenzmodell ergibt sich durch die Betrachtung einer Anzahl von Modellen und wird somit im Laufe der Bearbeitung festgelegt.

Beim Umgang mit Ungewissheiten stehen die Szenarien-, Modell- und die Daten-/Parameterungewissheiten im Vordergrund, da diese über Modelle und Berechnungen dargestellt und auch quantifiziert werden können. Methodische Ungewissheiten werden hier nicht näher erläutert, da diese aufgrund ihrer Natur nicht beschrieben oder quantifiziert werden können. Um mit methodischen Ungewissheiten und deren Auswirkungen umzugehen und diese zu reduzieren, werden vor allem fachliche Einschätzungen durch entsprechende Expertinnen und Experten eingeholt.

10.4.5 Ungewissheiten in Modellen

Ein wichtiges Werkzeug der Bewertung der Sicherheit eines Endlagers sind auf Computermodellen beruhende Abschätzungen hinsichtlich der Freisetzung von Radionukliden aus den eingelagerten Abfällen. Die mittels der systematischen Erfassung gesammelter Ungewissheiten (siehe Kapitel 10.4.2) berühren häufig die Eingangsdaten dieser Computermodelle und werden mittels verschiedener Rechenfälle und Rechenläufe betrachtet. Als Konsequenz setzen sich diese Ungewissheiten während der Modellierung fort und führen zu einer Prognoseungewissheit. Die Prognoseungewissheiten stellen den Streubereich der Modellprognose dar (Abbildung 227), werden aber nicht als eigenständige Ungewissheits-Kategorie im Sinne von Kapitel 10.4.3 betrachtet.

In Hinblick auf die Prognoseungewissheit können die einzelnen Beiträge der Kategorien 1 bis 4 (siehe Kapitel 10.4.3) allerdings nicht einfach aufsummiert werden, da sie in einem komplexen Wirkzusammenhang miteinander stehen. Dieser Zusammenhang und die Einflüsse verschiedener Ungewissheiten werden im Rahmen von sogenannten Sensitivitäts- und Ungewissheitsanalysen (englisch: „sensitivity and uncertainty analysis“) analysiert, um die Prognoseungewissheit zu quantifizieren. Dieser Vorgang der Quantifizierung ist nicht trivial und die Durchführung dieser Analysen stellt einen wesentlichen Teil der Modellierungsarbeit dar.

Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung									 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAANN	AANNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	Blatt: 624
SG	0330				EA	TF	0002	00	

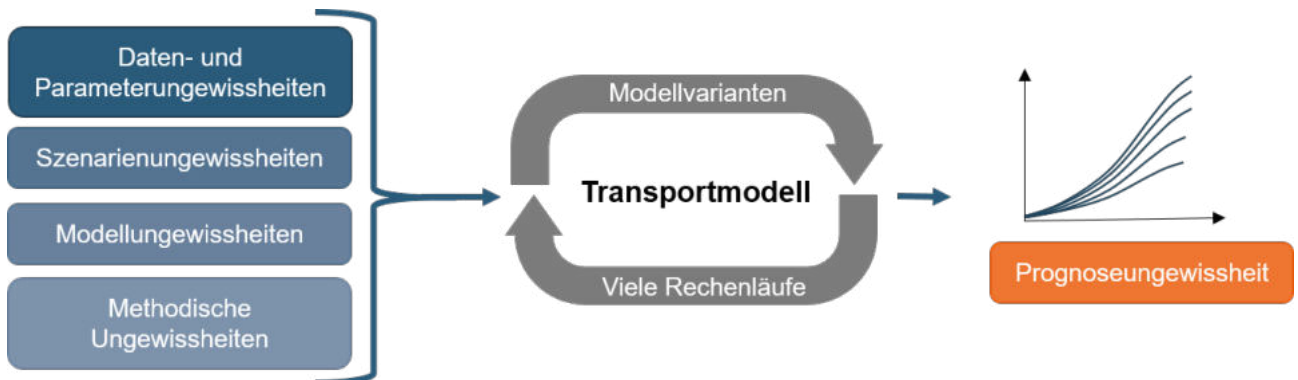


Abbildung 227: Wirkzusammenhang der verschiedenen Ungewissheits-Kategorien. Ungewissheiten in den Eingangsdaten und dem Modellkonzept führen zu einem Ensemble an Ergebnissen bzw. Prognosen. Diese Ungewissheit bezüglich der Ergebnisse kann als Prognoseungewissheit bezeichnet werden.

Hierzu stehen unterschiedliche Methoden zur Verfügung bzw. werden im Rahmen des von der BGE initiierten Forschungsclusters URS weiterentwickelt. Zur Durchführung der Rechenläufe werden z. B. deterministische und probabilistische Analysen in Betracht gezogen. Bei Verwendung des deterministischen Ansatzes werden die erwarteten sowie die extremen Modellparameterkombinationen verwendet, um die „best case“ sowie „worst case“ Situationen widerzuspiegeln. Dagegen wird bei der probabilistischen Methode eine größere Zahl von Modellparameterkombinationen verwendet, um eine für die angenommene Wahrscheinlichkeitsverteilung der Parameter repräsentative Stichprobe zu erhalten. Um die Charakterisierung des epistemischen Teils der Ungewissheiten (insbesondere in den Daten- und Parameterungewissheiten) getrennt vom aleatorischen Teil zu ermöglichen, stehen geeignete Methoden zur Verfügung. Diese Methoden erlauben auch die quantitative Betrachtung von „Expertenwissen“ zu Ungewissheiten.

10.4.6 Auswirkungen von Ungewissheiten auf die Ergebnisse der rvSU

Unterschiedliche Ungewissheiten können mannigfache Auswirkungen haben. Es ist z. B. möglich, dass eine Ungewissheit keinen signifikanten Einfluss auf das Endlagersystem hat, während eine andere Ungewissheit das Endlagersystem erheblich beeinflusst. Von diesen wiederum werden nicht alle Ungewissheiten sicherheitsrelevant sein (z. B. kann eine Ungewissheit auch einen Einfluss auf das Endlagersystem ausüben, der aber nicht hinsichtlich der Sicherheit des Systems relevant ist und sich somit nicht auf sicherheitsgerichtete Aussagen auswirkt, siehe Abbildung 228). Bei der Betrachtung von Auswirkungen ist es daher wichtig, deren Einfluss auf sicherheitsgerichtete Aspekte zu überprüfen, da sicherheitsrelevante Ungewissheiten in der rvSU prioritär zu betrachten sind.

Insbesondere bei der Modellierung des Endlagersystems werden die Auswirkungen von Ungewissheiten deutlich. Ungewissheiten verschiedener Kategorien pflanzen sich zum Ergebnis fort und wirken sich so auf die Prognoseungewissheiten bezüglich des Radionuklidtransports aus (siehe Kapitel 10.4.5).

**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: 625

Ungewissheiten können darüber hinaus auch von der zeitlichen Betrachtung des Endlagersystems abhängig sein und unterschiedliche Auswirkungen haben, je nachdem, welche Entwicklung betrachtet wird. Des Weiteren können sich Auswirkungen auch je nach Zeitpunkt innerhalb des Verfahrens ändern. So kann sich beispielsweise der Einfluss verringern oder vergrößern, nachdem durch Erkundungsmaßnahmen neue Erkenntnisse vorliegen und die Ungewissheit erneut beschrieben wird.

Eine Auswirkung auf eine sicherheitsgerichtete Aussage wird beispielsweise deutlich, wenn durch den Vergleich der Ergebnisse einer quantitativen Ungewissheitsanalyse mit regulatorischen Vorgaben erkannt wird, dass die regulatorische Vorgabe (teilweise) überschritten wird. Wie in Kapitel 10.4.5 beschrieben, entspricht das Ergebnis der Modellierung nicht nur einem Resultat, sondern einem Ensemble bzw. einer Schar von möglichen Resultaten. Bei dem Vergleich der Ergebnisverteilung mit der regulatorischen Vorgabe ist es möglich, dass ein Teil der Verteilung die Vorgabe einhält, während ein anderer Teil der Verteilung den Grenzwert überschreitet. Um mit dieser Auswirkung umzugehen, kann beispielsweise ein begründetes Perzentil gewählt, oder die Verteilung der Ergebnisse analysiert werden, um eine Wahrscheinlichkeit abzuleiten, mit der die Vorgabe eingehalten 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: 626

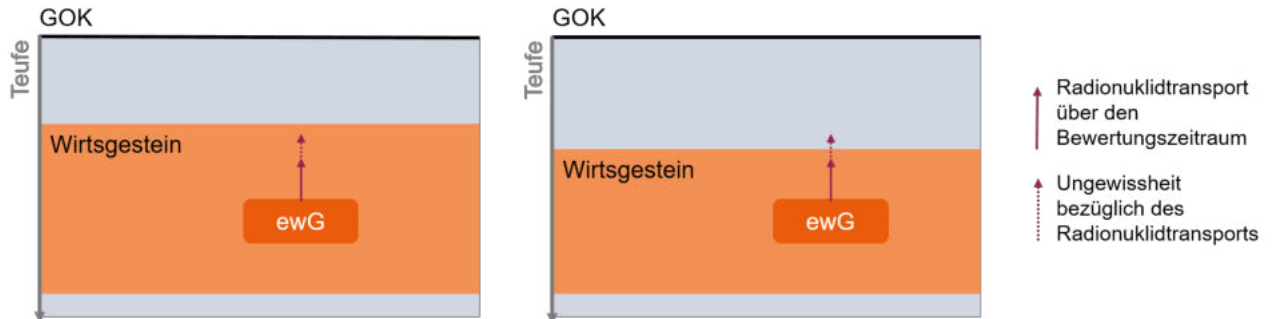


Abbildung 228: Fiktives Beispiel einer Ungewissheit, die je nach dem zu betrachtenden System eine unterschiedliche Auswirkung auf die Sicherheit des Systems hat.
Links: Die Mächtigkeit des Wirtsgesteins ist so groß, dass die Ungewissheit keine Auswirkung auf die Sicherheit des Systems hat. Rechts: Bei Betrachtung der Ungewissheit würde der Radionuklidtransport über den Rand des Wirtsgesteins hinausreichen und somit die Sicherheit des Systems beeinflussen. Ein Unterschied in der Mächtigkeit kann sich beispielsweise durch eine ungewisse Beschreibung der Mächtigkeit an sich ergeben, oder durch die Betrachtung einer Entwicklung, die die Mächtigkeit des Wirtsgesteins ändert.

10.4.7 Reduktion von Ungewissheiten basierend auf den rvSU

Während der rvSU liegt der Fokus der Betrachtung von Ungewissheiten auf der systematischen Erfassung und Bewertung der Ungewissheiten der Kategorien 1 bis 4 (siehe Kapitel 10.4.3).

In den nachfolgenden Verfahrensschritten gewinnt die Evaluierung der Ungewissheiten hinsichtlich ihrer sicherheitsgerichteten Relevanz zunehmend an Bedeutung. Die im Zuge der rvSU durchgeführten Arbeiten stellen die wesentliche Vorarbeit dar, um die bestehenden Ungewissheiten systematisch so weit zu reduzieren, bis eine Aussage über die sicherheitstechnische Eignung eines Endlagerstandortes mit hoher Konfidenz getroffen werden kann.

Bei dieser Evaluierung stehen folgende zwei Fragen im Fokus:

1. Kann eine Ungewissheit überhaupt reduziert werden?
2. Welchen Nutzen hat eine Reduktion?

Das Ergebnis geht dann in die Priorisierung der Arbeiten ein, was der Reduktion der Ungewissheiten dient.

Während der rvSU, welche entsprechend den gesetzlichen Bestimmungen im Wesentlichen auf Basis bereits vorhandener Daten und Informationen durchgeführt werden, findet eine Reduktion von Ungewissheiten bzw. deren Auswirkungen schon während der Erfassung statt – beispielsweise durch die Entwicklung entsprechender Methoden zum Umgang mit einer heterogenen Datenlage, welche in Kapitel 5.1 beschrieben werden. Im weiteren Verlauf des Verfahrens wird die Reduktion von Ungewissheiten mit einem zunehmenden materiellen und zeitlichen Aufwand verbunden sein (insbesondere im Fall der über- und untertägigen Erkundungen ab Phase II des Standortauswahl-

**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: 627


verfahrens, siehe auch Kapitel 11). Um die hierfür zur Verfügung stehenden Mittel optimal einzusetzen und um die Arbeiten im gesetzlich vorgesehenen Zeitraum abzuschließen, müssen die Maßnahmen entsprechend ihrer Wirksamkeit sehr sorgfältig geplant werden.

Hierfür stehen bereits verschiedene wissenschaftliche Verfahren aus dem Bereich der Ungewissheitsanalyse zur Verfügung, die auch für die Computersimulation von Endlagern eingesetzt werden können.

Aufgrund der großen Bedeutung von Ungewissheiten für die Standortsuche finanziert die BGE derzeit wesentliche Projekte zur Fortentwicklung entsprechender Methoden durch externe Organisationen:

- Forschungscluster URS („Ungewissheiten und Robustheit mit Blick auf die Sicherheit eines Endlagers für hochradioaktive Abfälle“) mit den Forschungsverbänden:
 - Risk-based Assessment of Salt Domes as Disposal Sites for Nuclear Waste
 - Ungewissheiten in thermisch-hydraulisch-mechanisch (THM) gekoppelten Integritätsberechnungen
 - Endlagersicherheit: Ungewissheiten und regulatorische Aspekte
 - Reduzierung von Szenariengewissheiten durch Klimamodelle
 - Verbesserung der prädiktiven Güte endlagerrelevanter Simulationen durch optimale Datenakquise und Smart-Monitoring
 - Bausteine zur Quantifizierung von Ungewissheiten in Geologischen Modellen
- Entwicklung einer Softwareplattform zur Datenerfassung und Modellierung („OpenWorkflow“) durch das Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ) Leipzig

Diese Projekte werden bereits durchgeführt oder in naher Zukunft begonnen. Sie sind darüber hinaus zeitlich mit der Standortsuche gekoppelt, verwendbare Ergebnisse der Arbeiten werden innerhalb der kommenden 3 Jahre (bis 2024) vorliegen. Bis zu diesem Zeitpunkt wird auch die systematische Erfassung von Ungewissheiten weit fortgeschritten sein und einen ausreichend guten Überblick bieten, sodass final über das beste Vorgehen bzw. die beste Methodik im Verfahren entschieden werden kann.

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: 628
SG	0330				EA	TF	0002	00	

10.5 Zusammenfassung und Ausblick

Ungewissheiten sind in Hinblick auf das Standortauswahlverfahren und die Sicherheit eines Endlagers von zentraler Bedeutung und müssen daher stets mitberücksichtigt werden. Die im Rahmen dieses Konzepts beschriebene Vorgehensweise zum Umgang mit Ungewissheiten bezieht sich explizit auf die rvSU in Phase I, Schritt 2 des Standortauswahlverfahrens (§ 14 StandAG). Sie wird sich im Laufe des Standortauswahlverfahrens absehbar weiterentwickeln und mit der Zeit gewonnene Erkenntnisse als Teil des lernenden Verfahrens entsprechend miteinbeziehen. Der beschriebene systematische Ansatz gewährleistet auch, dass Weiterentwicklungen konsistent auf dieser Basis aufgebaut werden können.

Gemäß § 11 EndlSiUntV sind im Rahmen der rvSU bestehende Ungewissheiten systematisch zu erfassen und nach verschiedenen Teilaspekten zu betrachten und zu bewerten. Ungewissheiten bezeichnen im Kontext des Standortauswahlverfahrens eingeschränkte Gewissheit und/oder Informationen zur Beschreibung des Systems und somit zur Einschätzung möglicher negativer Konsequenzen.

Das hier vorgestellte Konzept skizziert den Umgang mit Ungewissheiten im Rahmen der rvSU und legt dar, wie genau die Vorgaben der EndlSiUntV bei der Durchführung der rvSU konkret umgesetzt werden sollen. Dabei wurden auch vergleichbare internationale Herangehensweisen betrachtet und in die Überlegungen miteinbezogen. Das Konzept zum Umgang mit Ungewissheiten ist im Kontext des übergeordneten Konzepts zur Durchführung der rvSU (BGE 2022a) zu verstehen.

Zusammengefasst wurde, basierend auf den Bestimmungen von § 11 EndlSiUntV, zunächst eine Erfassungstabelle mit verschiedenen Bearbeitungsabschnitten entwickelt, die es ermöglicht, die während der rvSU bestehenden Ungewissheiten systematisch zu erfassen, einzuordnen und zu charakterisieren. Zentrale Bestandteile der Erfassungstabelle sind einerseits die während der rvSU nach der EndlSiUntV durchzuführenden, wesentlichen Arbeitsschritte, und andererseits vier verschiedene für das Standortauswahlverfahren eingeführte Kategorien von Ungewissheiten: Methodische Ungewissheiten, Modellungsgewissheiten, Datenungewissheiten und Szenarienungewissheiten.

Die während der rvSU bestehenden Ungewissheiten werden mithilfe arbeitsschrittspezifischer und auf der Erfassungstabelle basierender Abfragen an die jeweiligen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der einzelnen Arbeitsschritte systematisch erfasst. Über die beschriebene Vorgehensweise ist es möglich, alle Anforderungen der EndlSiUntV in Hinblick auf die Betrachtung von Ungewissheiten in den rvSU zu erfüllen.