

Projekt ANSICHT

**FEP Katalog für das
Endlagerstandortmodell NORD**

- Konzept und Aufbau -



PROJ	PSP	OBJ	FUNK	KOMP	BAUG	AG	UA	LFNR	RV
FE						BE	BY	0006	00

DOKID: 11780523
ULV-Nr.: 659479

Projekt ANSICHT

FEP Katalog für das Endlagerstandortmodell NORD

- Konzept und Aufbau -

Autoren:

L. Stark (Koordinatorin)
S. Jahn
M. Jobmann
A. Lommerzheim
A. Meleshyn
S. Mrugalla
K. Reinhold
A. Rübel
S. Keller
J. Geradi

Dieser Bericht wurde erstellt im Rahmen des FuE-Vorhabens **ANSICHT**
(Methodik und Anwendungsbezug eines Sicherheits- und Nachweiskonzeptes für ein HAW-Endlager im Tonstein)

Auftraggeber: KIT (PTKA-WTE) FKZ: 02E11061B

Berichtsnummer: TEC-22-2014-AP

April 2014

Die diesem Bericht zugrunde liegenden Arbeiten wurden im Auftrag des BMWi von der BGR sowie vertreten durch den Projektträger Karlsruhe, Karlsruher Institut für Technologie (KIT) unter den Förderkennzeichen 02E11061A und 02E11061B von der GRS bzw. DBE TECHNOLOGY GmbH durchgeführt. Die Verantwortung für den Inhalt liegt jedoch allein bei den Autoren.



PTKA
Projektträger Karlsruhe
Karlsruher Institut für Technologie

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	1
1 Einleitung.....	2
2 Bisherige Arbeiten	3
3 Grundlagen.....	4
4 Anforderungen an den FEP-Katalog	7
5 Vorgehensweise bei der Erstellung des FEP-Kataloges	8
5.1 Ausgangszustand des Endlagersystems	8
5.2 FEP-Screening hinsichtlich der Eintrittswahrscheinlichkeit.....	8
5.3 Abhängigkeiten zwischen den FEP.....	9
5.4 Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit und Wirkung in den Teilsystemen.....	12
5.5 Beeinträchtigung der Funktion von Initial-Barrieren.....	13
5.6 Transparenz und Nachvollziehbarkeit	14
5.7 Identifizierung offener Fragen	15
6 Aufbau der FEP-Einträge.....	16
6.1 Definition/Kurzbeschreibung	18
6.2 Allgemeine Informationen und Beispiele	18
6.3 Sachlage am Endlagerstandortmodell	18
6.4 Auswirkungen auf das Endlagerstandortmodell	19
6.5 Zeitliche Beschränkung	19
6.6 Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit.....	19
6.7 Wirkungen in den Teilsystemen	19
6.8 Beeinträchtigung der Funktion der Initial-Barrieren	20
6.9 Begründungen zu 6.6 bis 6.8	20
6.10 Direkte Abhängigkeiten.....	20
6.11 Offene Fragen	21
6.12 Literaturquellen.....	21
7 Zusammenfassung	22
8 Literaturverzeichnis.....	23
A Zuordnung der verwendeten spezifischen FEP des Projektes ANSICHT zur internationalen NEA-FEP-Liste (OECD 2000).....	25
B Vergleich zwischen der VSG und der AnSichT FEP-Liste.....	51
C Kreuztabelle der FEP-Abhängigkeiten	59

1 Einleitung

Das Vorhaben ANSICHT hat das Ziel, die Methodik des Sicherheitsnachweises für ein Endlager für hoch radioaktive Abfälle im Tongestein zu entwickeln und deren Anwendbarkeit für generische Endlagerstandorte in Nord- und Süddeutschland zu testen. Von zentraler Bedeutung für die Bewertung der Sicherheit eines Endlagersystems ist die Auswahl, Bezeichnung und Dokumentation aller Zustände, Ereignisse und Prozesse (engl. Features, Events, Processes, kurz FEP), die sich auf die zukünftige Entwicklung am Standort auswirken und insbesondere die Langzeitsicherheit beeinträchtigen könnten (NEA/OECD 2000).

Die Anforderungen an die Langzeitsicherheit eines Endlagersystems im Wirtsgestein Tongestein sind im Bericht zum Sicherheitskonzept und der Nachweisstrategie (Rübel & Meleshyn 2014) erörtert. Danach basiert die Sicherheit eines Endlagers darauf, einen möglichst weitgehenden, dauerhaften und nachsorgefreien Einschluss der radioaktiven Abfälle in einem definierten Gebirgsbereich zu erreichen und zu erhalten. Ziel ist der Nachweis, dass die Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle (BMU 2010) erfüllt werden. Für den Nachweis der Langzeitsicherheit sind neben der jetzigen Situation an einem potenziellen Standort, zukünftig mögliche Entwicklungen des Endlagersystems zu berücksichtigen (Wolf et al. 2012).

Zur Erfassung aller sicherheitsrelevanten Zustände, Ereignisse und Prozesse wurde von den am Projekt beteiligten Instituten (DBETec¹, GRS² und BGR³) für das generische Standortmodell NORD inklusive des Endlagerkonzeptes eine spezifische FEP-Liste zusammengestellt. Die im Projekt verwendete FEP-Liste basiert auf der standortspezifischen FEP-Liste von Wolf et al. (2012), wobei Veränderungen hauptsächlich aus den unterschiedlichen Rahmenbedingungen sowie einer Weiterentwicklung der Methodik resultieren. Für eine direkte Vergleichbarkeit mit den im internationalen Kontext verwendeten FEP diente bei Wolf et al. (2012) das FEP-Klassifikationsschema der NEA (NEA/OECD 2000), das auch im Projekt ANSICHT weitgehend beibehalten wurde.

Analog zur Dokumentation im Projekt VSG (Wolf et al. 2012) dient der vorliegende Bericht dazu, die Struktur und Inhalte des FEP-Kataloges NORD (sowohl des technischen Berichtes als auch der Datenbank) zu verdeutlichen. Er erläutert die bisherigen Arbeiten (Kapitel 2) und Grundlagen (Kapitel 3), die Anforderungen an den FEP-Katalog (Kapitel 4) sowie die Vorgehensweise bei der Erstellung des FEP-Kataloges NORD (Kapitel 5), beschreibt den Aufbau der FEP-Einträge in der Datenbank bzw. im technischen Bericht (Kapitel 6) und fasst die wesentlichen Erkenntnisse der Arbeiten im Rahmen der Erstellung des FEP-Kataloges NORD zusammen (Kapitel 7). Im Anhang A ist die Zuordnung der im Projekt ANSICHT identifizierten FEP zur internationalen NEA-FEP-Liste (NEA/OECD 2000) dokumentiert.

¹ DBE TECHNOLOGY GmbH

² Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS)

³ Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)

2 Bisherige Arbeiten

Im Rahmen vorheriger FuE-Vorhaben wurde jeweils ein FEP-Katalog für die Endlagerung ausgedienter Brennelemente und anderer wärmeentwickelnder hochradioaktiver Abfälle erstellt. Im Projekt ISIBEL (Buhmann et al. 2010) wurde ein FEP-Katalog für einen generischen HAW-Endlagerstandort im Salz angefertigt, der im Rahmen der vorläufigen Sicherheitsanalyse für den Standort Gorleben (VSG) erstellte FEP-Katalog (Wolf et al. 2012) dokumentiert die für den Salzstock Gorleben identifizierten FEP.

Die methodische Vorgehensweise für den vorliegenden FEP-Katalog wurde im Projekt ISIBEL entwickelt und mit der Erstellung des VSG-FEP-Kataloges inhaltlich umfangreich überarbeitet. Somit stellt der VSG-FEP Katalog eine Weiterentwicklung dar. Die Anwendung der Methodik aus diesen vorhergehenden Projekten wurde ebenfalls für den ANSICHT-FEP-Katalog verwendet. (Abb. 2.1). Die im Projekt ANSICHT verwendeten FEP bauen größtenteils auf einer schon existierenden standortspezifischen FEP-Liste von Wolf et al (2012) auf.

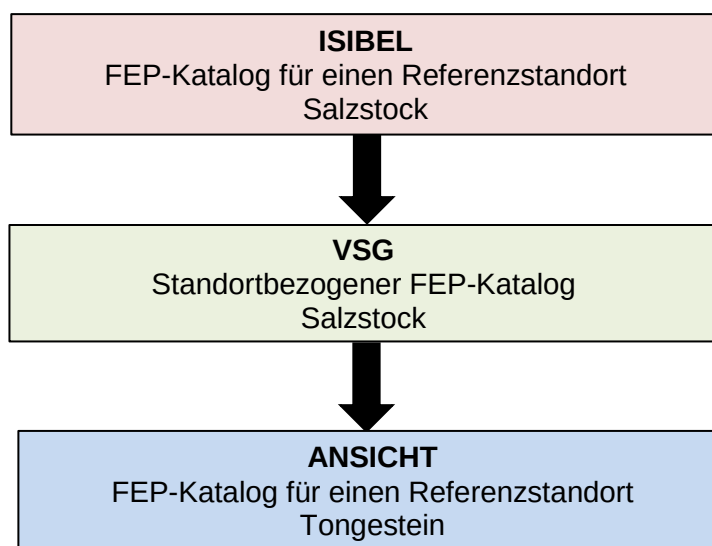


Abb. 2.1: Schema der aufeinanderfolgenden Projekte⁴, in denen jeweils ein FEP-Katalog erstellt wurde

Auf internationaler Ebene hat die NEA eine FEP-Datenbank aufgebaut und darauf basierend eine allgemeine Strukturierung der FEP entwickelt. Diese Strukturierung basiert auf Erfahrungen aus verschiedenen Endlagerprojekten mit unterschiedlichen Abfallspezifikationen und Wirtsgesteinstypen und bietet sich als Grundlage für die Erstellung von standortspezifischen FEP-Katalogen an. Für das FEP-Klassifikationsschema wurde im Projekt ANSICHT auf die NEA-FEP-Liste zurückgegriffen (siehe Anlage A – Zuordnung der verwendeten spezifischen FEP des Projektes ANSICHT zur internationalen NEA-FEP-Liste (NEA/OECD 2000)).

⁴ Projekt ISIBEL: Bollingerfehr, W., Buhmann, D., Filbert, W., Heusermann, S., Keller, S., Kreienmeyer, M., Krone, J., Mönig, J., Tholen, M., Weber, J. R. & Wolf, J. (2008). Überprüfung und Bewertung des Instrumentariums für eine sicherheitliche Bewertung von Endlagern für HAW – ISIBEL. *Gemeinsamer Bericht von DBE TECHNOLOGY GmbH, BGR und GRS. DBE TECHNOLOGY GmbH, TEC-09-2008-AB: 95 S., 9 Einzelberichte als Anlage; Peine.*

Projekt VSG: Fischer-Appelt, K., Baltes, B., Buhmann, D., Larue, J. & Mönig, J. (2013). Synthesebericht für die VSG: Bericht zum Arbeitspaket 13. Vorläufige Sicherheitsanalyse für den Standort Gorleben. *Gesellschaft für Anlagensicherheit und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, GRS-290: 424 S.; Köln. ISBN 978-3-939355-66-3.*

Projekt ANSICHT: Methodik und Anwendungsbezug eines Sicherheits- und Nachweiskonzeptes für ein HAW-Endlager im Tonstein.

3 Grundlagen

International ist es in Endlagerprojekten ein etabliertes Vorgehen, die wissenschaftliche Beschreibung des Anfangszustandes und das Verständnis der Faktoren, die die zukünftige Entwicklung eines Endlagersystems beeinflussen, u. a. durch eine Zusammenstellung von Zuständen, Ereignissen und Prozessen (SKB 1989) als "Features, Events and Processes", kurz FEP bezeichnet) zu dokumentieren:

- Zustände (Features) sind dabei Bedingungen oder Gegebenheiten, durch die ein bestimmtes System zu einem Zeitpunkt charakterisiert ist, wie z. B. das Radionuklidinventar.
- Ereignisse (Events) sind Vorgänge und Veränderungen, die über einen sehr kleinen Zeitraum im Vergleich zum Nachweiszeitraum eintreten, d. h. kurzzeitige Phänomene sind, z. B. das FEP *Erdbeben*.
- Prozesse (Processes) sind Vorgänge und Veränderungen, die über einen nennenswerten Zeitraum im Vergleich zum Nachweiszeitraum ablaufen, d. h. lang andauernd sind, wie z. B. *Konvergenz*, oder der *Zerfall langlebiger Radionuklide*.

Die wissenschaftliche Beschreibung des Anfangszustandes und der Faktoren, die die zukünftige Entwicklung eines Endlagersystems beeinflussen, werden auch im Projekt AnSichT durch eine FEP-Liste dokumentiert. Neben der inhaltlichen Anpassung an die veränderten Anforderungen, wurde auch die methodische Vorgehensweise angepasst. Während die FEP-Liste der NEA das vorrangige Ziel hat, die Zustände, Ereignisse und Prozesse der zukünftigen Entwicklung des Endlagersystems möglichst vollständig zu beschreiben, ist ein zusätzlicher wesentlicher Aspekt des ANSICHT-FEP-Kataloges die systematische Ableitung von Szenarien und damit einhergehend die Darstellung von direkten wechselseitigen Abhängigkeiten der einzelnen FEP aus der FEP-Liste. Dieses Konzept wurde im Projekt ISIBEL (Buhmann et al. 2010) entwickelt, im Projekt VSG (Wolf et al. 2012) weiterentwickelt und stellt die entscheidende Grundlage für die Szenarienentwicklung dar.

Diese Darstellung der wechselseitigen Abhängigkeiten wurde im Projekt ANSICHT weiterentwickelt und nachvollziehbar dargestellt (Kapitel 5.3). Entscheidend im ANSICHT-FEP Katalog ist die Unterscheidung zwischen FEP, die Zustände beschreiben und FEP, die Prozesse beschreiben. Auch wurde die in der VSG übliche Einteilung der Abhängigkeiten verändert, so dass im ANSICHT-FEP Katalog die Abhängigkeiten der einen Seite durch die Einwirkenden FEP und auf der anderen Seite durch die Beeinflussten FEP beschrieben werden.

Neben der Darstellung der Abhängigkeiten sind im FEP-Katalog weitere grundlegende Informationen für die Szenarienentwicklung enthalten. So wird analog zum Projekt VSG die jeweilige Eintrittswahrscheinlichkeit der FEP definiert, d. h. die Wahrscheinlichkeit, mit der ein FEP unter der Bedingung eintritt, dass die für sein Eintreten notwendigen Voraussetzungen vorliegen bzw. mit Sicherheit zu erwarten sind. Analog zu VSG ist die Einteilung der FEP definiert als:

- „wahrscheinlich“ werden FEP eingestuft, deren Eintreten innerhalb des Nachweiszeitraums zu erwarten ist,
- In der Klasse „weniger wahrscheinlich“ sind FEP enthalten, die innerhalb des Nachweiszeitraums ist nicht zu erwarten, aber auch nicht auszuschließen sind,
- FEP, die als „nicht zu betrachten“ eingestuft wurden, können am Endlagerstandortmodell innerhalb des Nachweiszeitraumes nicht eintreten.

Des Weiteren wird die Wirkung in den vier Teilsysteme des Endlagersystems „Nahfeld“, „Wirtsgestein“, „Strecken und Schächte“ sowie „Nebengebirge“ betrachtet, da in den unterschiedlichen Bereichen des Endlagersystems FEP in verschiedener Ausprägung relevant sein können.

Ebenfalls eine Besonderheit der Methodik in der VSG, die im Projekt ANSICHT übernommen wird, ist die Prüfung, ob eine Beeinträchtigung der Funktion von Initialbarrieren gegeben ist. Mit dieser Methode lässt sich die Anzahl der in der Szenarienentwicklung zu berücksichtigenden FEP weiter einschränken. Dabei wird eine Initial-Barriere wie folgt definiert:

- Eine Initial-Barriere ist eine Barriere, deren mögliche Funktionsbeeinträchtigung durch Prozesse oder Ereignisse ein Ansatzpunkt für die Entwicklung von Szenarien ist. Die Initialbarrieren bilden eine Teilmenge der im Endlagersystem wirksamen Barrieren, die – teilweise nur in bestimmten Zeitbereichen – über unterschiedliche Schutzfunktionen direkt oder indirekt zum sicheren Einschluss der Radionuklide im einschlusswirksamen Gebirgsbereich beitragen (Mönig et al. 2012).

Für die Methodik des Sicherheitsnachweises ist der FEP-Katalog somit auch im Projekt ANSICHT das zentrale Verbindungselement zwischen den Grundlagen (Endlagerkonzept und Verfüll- und Verschlusskonzept, generisches Endlagerstandortmodell und geowissenschaftliche Langzeitprognose), der Szenarienentwicklung und der Nachweisführung (Abb. 3.1). Insbesondere ist der FEP-Katalog Voraussetzung für die systematische Szenarienentwicklung, die wiederum die Basis für die Integritätsanalysen und die radiologische Konsequenzenanalyse ist (Fischer-Appelt et al. 2013). Ziel der Analysen des Endlagersystems ist es, zu prüfen ob die Anforderungen aus dem Sicherheitskonzept und der Nachweisstrategie (Rübel & Meleshyn 2014) für ein Endlager im Wirtsgestein Tongestein erfüllt wurden.

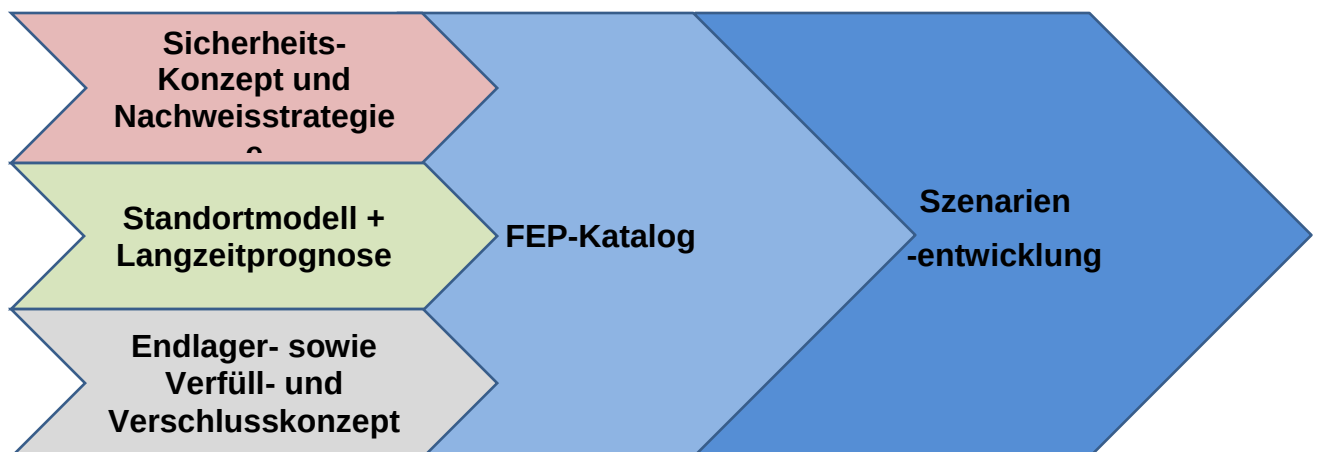


Abb. 3.1: Stellung des FEP-Kataloges im Projekt ANSICHT

Die Unterschiede im ANSICHT-FEP-Katalog gegenüber dem Vorläufer in der VSG beruhen im Wesentlichen auf drei unterschiedlichen Ursachen:

1. Wirtsgesteinsspezifische Gründe durch das unterschiedliche Wirtsgestein von Tongestein in ANSICHT gegenüber Salz in der VSG. So wurden FEP, die spezielle Zustände des Wirtsgesteins Salz beschreiben oder Prozesse, die im Salz ablaufen, aus der ANSICHT-FEP-Liste gestrichen und dafür FEP, die nur für Tongestein gelten wie

zum Beispiel Alteration von Tonmineralen, mit in die ANSICHT-FEP-Liste aufgenommen.

2. Methodische Gründe, wie die oben beschriebene Weiterentwicklung der Methodik mit veränderter Betrachtung von Zustand-FEP und Prozess-FEP und daraus resultierenden Abhängigkeiten.
3. Strukturelle Veränderung durch Teilen oder Zusammenfassen einzelner FEP. So wurden beispielsweise die FEP *Senkung der Erdkruste* und *Hebung der Erdkruste* im Projekt ANSICHT zu dem FEP *Vertikale Bewegungen der Erdkruste* zusammengefasst.

Die Tabelle im Anhang B zeigt die Unterschiede der in der VSG und in ANSICHT erstellten FEP-Listen.

Die Inhalte der FEP-Beschreibungen im vorliegenden FEP-Katalog sind keine standortunabhängigen Betrachtungen, sondern beziehen sich auf die spezifischen geologischen Zustände des generischen Standortmodells und des Endlager-, sowie Verfüll- und Verschlusskonzeptes. Der ausgearbeitete FEP-Katalog ist daher nicht unmittelbar auf einen anderen Standort im Tongestein zu übertragen, stellt aber eine charakteristische Situation im östlichen Niedersächsischen Becken dar. Für das Wirtsgestein des generischen Endlagerstandortmodells wurden die Tongesteinsinformationen der Unterkreide (Barremium & Hauterivium) festgelegt (Reinhold & Sönne 2012).

4 Anforderungen an den FEP-Katalog

Der FEP-Katalog soll in systematischer Form alle Informationen für eine Systemanalyse liefern, die notwendig sind um die Sicherheit eines Endlagerstandortes in Tongestein zu beurteilen. Um dieses Ziel zu erreichen, werden folgende Anforderungen an die Erstellung des FEP-Kataloges gestellt:

1. Der FEP-Katalog liefert eine wissenschaftliche Darstellung der Zustände, die den Ausgangszustand des Endlagersystems zu Beginn der Nachverschlussphase charakterisieren sowie der Prozesse, die in einem derartigen Endlagersystem zukünftig ablaufen können. Zugrunde gelegt werden das generische Endlagerstandortmodell NORD (Reinhold et al. 2013, Nowak & Maßmann 2013 und Jahn & Sönneke 2013), die geowissenschaftliche Langzeitprognose (Mrugalla 2014) und das Endlager- sowie das Verfüll- und Verschlusskonzept (Lommerzheim & Jobmann 2015) (Kapitel 5.1).
2. Eine weitere Anforderung an den FEP-Katalog ist es, diejenigen FEP, die für die Systementwicklung nicht von Bedeutung sind, zu identifizieren und die Gründe für diese Einschätzung zu dokumentieren. Solche FEP können für die weitere Betrachtung im Rahmen der Szenarienentwicklung ausgeschlossen werden (FEP-Screening, Kapitel 5.2).
3. Durch den FEP-Katalog werden grundlegende Informationen für die Szenarienentwicklung bereitgestellt. So werden im FEP-Katalog die direkten Abhängigkeiten zwischen den FEP und ihren Funktionen ausgewiesen (Kapitel 5.3).
4. Um die Anzahl der in der Szenarienentwicklung zu berücksichtigen FEP einschränken zu können, werden Informationen zur jeweiligen Eintrittswahrscheinlichkeit und zur Wirkung in den Teilsystemen benötigt (Kapitel 5.4).
5. Für jedes FEP wird festgelegt, ob eine Beeinträchtigung der Funktion der Initialbarriere vorliegt und für die jeweils als weiteres Selektionskriterium für die Szenarienentwicklung angewendet. (Kapitel 5.5).
6. Durch die systematische Zusammenstellung (inkl. zahlreicher Literaturhinweise) der relevanten Zustände, Ereignisse und Prozesse, die das Endlagersystem bestimmen, soll der FEP-Katalog einen Beitrag zur Transparenz und Nachvollziehbarkeit leisten (Kapitel 5.6).
7. Des Weiteren soll der FEP-Katalog auch zur Identifizierung offener Fragen beitragen, die eine Endlagerung für wärmeentwickelnde radioaktive Abfälle im Tongestein betreffen (Kapitel 5.7).

5 Vorgehensweise bei der Erstellung des FEP-Kataloges

Ausgangspunkt bei der Erstellung des FEP-Kataloges sind die in Kapitel 4 definierten Anforderungen. In den Kapiteln 5.1 bis 5.7 wird für jede dieser Anforderungen einzeln erläutert, wie sie bei der Umsetzung des FEP-Kataloges berücksichtigt wurde, d. h. welche Informationen der FEP-Katalog dafür bereitstellen muss.

5.1 Ausgangszustand des Endlagersystems

Um den Ausgangszustand in einem Endlagersystem darstellen zu können, werden folgende Informationen zu jedem FEP abgelegt:

- eine Definition bzw. Kurzbeschreibung (Kapitel 6.1),
- allgemeine Informationen und Beispiele (Kapitel 6.2),
- die Sachlage am Endlagerstandortmodell (Kapitel 6.3),
- die Auswirkungen des FEP auf das Endlagerstandortmodell (Kapitel 6.4),
- mögliche zeitliche Beschränkungen des FEP (Kapitel 6.5) sowie die
- Zusammenstellung relevanter Literaturhinweise (Kapitel 6.12).

Die Beschreibung der FEP bezieht sich räumlich auf das Endlagerstandortmodell. Weitere Angaben und Informationen, wie zum Beispiel überregional ablaufende Prozesse oder die Beschreibung der allgemeinen Geologie im Gebiet des Referenzprofils NORD, sind in den dazugehörigen Berichten zum Endlagerstandortmodell (Reinhold et al 2013, Nowak & Maßmann 2013, Jahn & Sönnke 2013) bzw. der geowissenschaftlichen Langzeitprognose (Mrugalla 2014) ausgearbeitet. Des Weiteren fließen Informationen aus dem Endlagerkonzept und dem Verfüll- und Verschlusskonzept (Lommerzheim & Jobmann 2015) sowie dem Sicherheitskonzept und der Nachweisstrategie in den FEP-Katalog mit ein. Daher nimmt der vorliegende FEP-Katalog an vielen Stellen Bezug auf diese Berichte.

5.2 FEP-Screening hinsichtlich der Eintrittswahrscheinlichkeit

Ein für die Szenarienentwicklung erforderlicher Schritt ist die Identifizierung von FEP, die bei der Szenarienentwicklung unberücksichtigt bleiben können. Dieser Arbeitsschritt wird als FEP-Screening bezeichnet.

Dies ist einerseits der Fall für FEP, deren Eintreten ausgeschlossen werden kann. In diesem Fall ist die Eintrittswahrscheinlichkeit „nicht zu betrachten“. Andererseits können auch FEP mit der Eintrittswahrscheinlichkeit „weniger wahrscheinlich“ oder „wahrscheinlich“ in der Szenarienentwicklung übergangen werden, nämlich dann, wenn die Wirkung in allen vier Teilsystemen für das Standortmodell mit „nicht zu berücksichtigen“ angegeben ist. In beiden Fällen sind entsprechende stichhaltige Begründungen anzugeben.

Wird das Eintreten eines FEP ausgeschlossen, hat dies auch Konsequenzen für die weitere Handhabung innerhalb der Systemanalyse. Abhängigkeiten zwischen den FEP (siehe Kapitel 5.3) brauchen in diesem Fall nicht berücksichtigt werden.

5.3 Abhängigkeiten zwischen den FEP

Für die Szenarienentwicklung werden grundlegende Informationen über die Abhängigkeiten zwischen den FEP benötigt, die für die Entwicklung des Endlagersystems zu berücksichtigen sind.

Die im FEP-Katalog beschriebenen relevanten Zustände und Prozesse (siehe Kreuztabelle Anlage auf CD), die das Endlagersystem bestimmen, hängen in vielfältiger Weise voneinander ab und beeinflussen sich gegenseitig. So werden Ausprägungen und ggf. das Eintreten abhängiger FEP jeweils durch die mit ihnen direkt verbundenen FEP beeinflusst. Daher ist es im FEP-Katalog notwendig, die direkten Abhängigkeiten der FEP untereinander darzustellen. Folgende Abbildung verdeutlicht die vielfältigen Wechselwirkungen und Abhängigkeiten der FEP zueinander (Abb. 5.1):

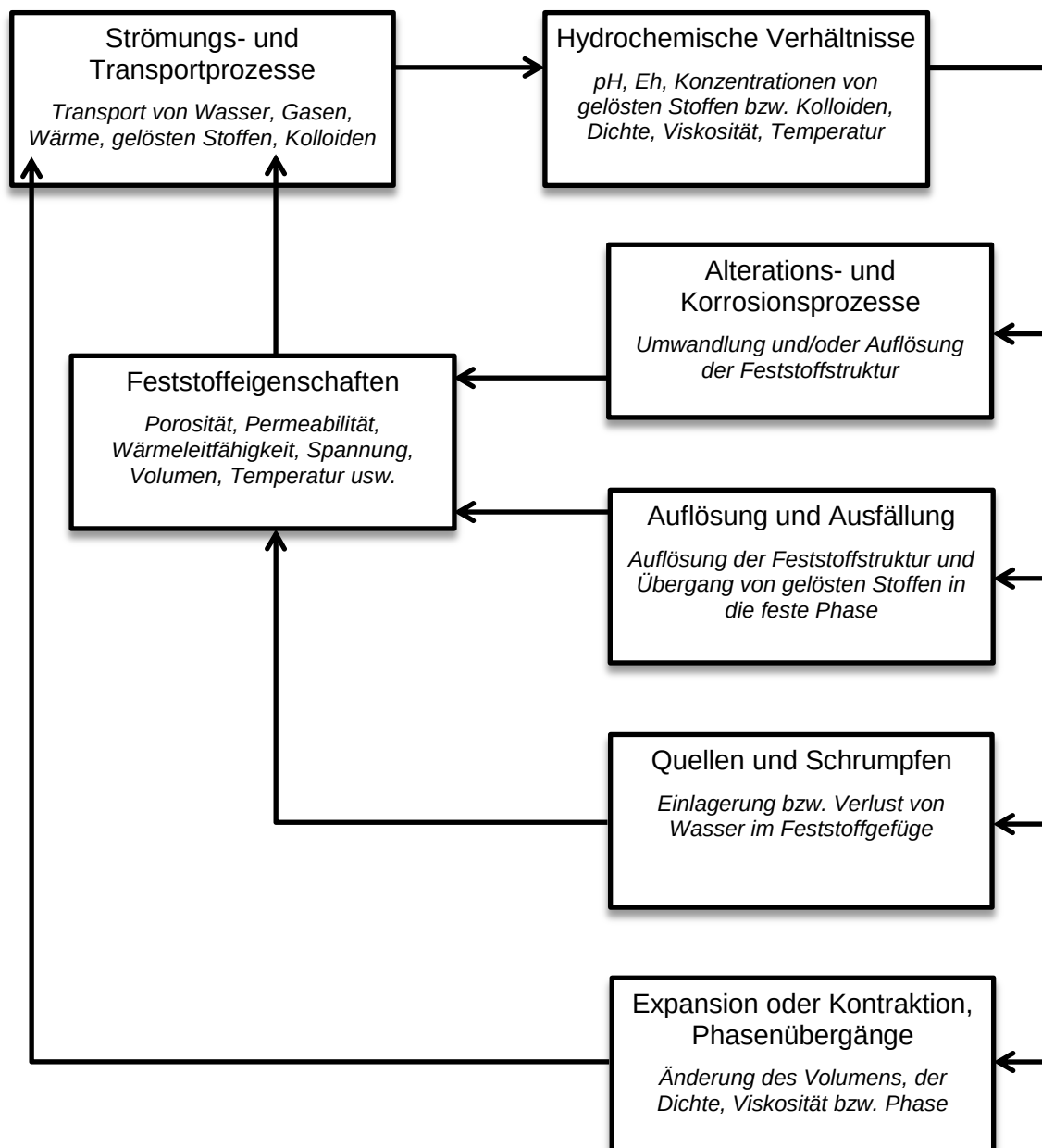


Abb. 5.1: Übersichtsdiagramm über einige FEP-Wechselwirkungen in Tongestein

Um die Abhängigkeiten darzustellen, werden zu jedem FEP die einwirkenden und beeinflussten FEP beschrieben:

- Einwirkende FEP beschreiben diejenigen FEP, die Einfluss auf das betrachtete FEP haben und damit seine Ausprägung verändern können.
- Beeinflusste FEP beschreiben diejenigen FEP, auf die das jeweilige FEP Einfluss nimmt und damit seine Ausprägung verändern können.

Da die direkten Abhängigkeiten zwischen den FEP die Ableitung der Ausprägung ermöglichen, haben sie einen entscheidenden Einfluss auf die Szenarienentwicklung und sind in der Datenbank begründet. In einem dafür vorgesehenen Textfeld wird zu jeder Abhängigkeit angegeben, warum die beiden FEP in einer direkten Abhängigkeit zueinander stehen. Im Rahmen der Erarbeitung des FEP-Kataloges haben sich bei einigen FEP Diskussionen bezüglich der Abhängigkeiten ergeben, insbesondere dahingehend, dass die Differenzierung zwischen einer direkten und indirekten Abhängigkeit (über einen anderen FEP) nicht eindeutig ist oder vernachlässigt werden kann. Solche Aspekte werden ebenfalls in den Begründungsfeldern angegeben.

Direkte Abhängigkeiten

Die Kenntnis von direkten Abhängigkeiten bildet eine wichtige Grundlage für die Identifizierung der Ausprägung der FEP und spielt damit in der Szenarienentwicklung eine große Rolle.

- Eine direkte Abhängigkeit bedeutet in diesem Zusammenhang, dass das genannte FEP direkt auf das genannte andere FEP wirkt. So ist beispielsweise in der Logik des FEP-Kataloges das FEP *Spannungsänderung und Spannungsumlagerung* eine direkte Folge des FEP *Erdbeben* und es besteht ein direkter Zusammenhang zwischen diesen beiden FEP.

Durch Wechselwirkungen mehrerer FEP können Wirkungsketten entstehen, in denen FEP über mehrere Schritte voneinander abhängen (siehe Abb. 5.1 einiger FEP-Wechselwirkungen). Zum Beispiel erfolgt eine Beeinträchtigung des Wirtsgesteins durch die Sedimentation infolge von kaltzeitlich bedingter Sedimentakkumulation indirekt über das FEP *Spannungsänderung und Spannungsumlagerung*. Das FEP *Sedimentation* taucht folglich nicht direkt bei der Beschreibung der Abhängigkeiten des FEP *Wirtsgestein* auf.

Im ANSICHT-FEP-Katalog wird zwischen Zustands-FEP, die eine augenblicklich bestehende Situation bzw. eine bestimmte Situation beschreiben und Prozess-FEP, die eine Veränderung eines Zustandes oder einer bestimmten Eigenschaft hervorrufen, unterschieden. Da nur Prozesse auf einen Zustand einwirken und diesen Zustand verändern können oder ein Zustand von einem Prozess beeinflusst wird, wird die Festlegung getroffen, dass auch im FEP-Katalog Zustände in der Regel nicht direkt auf Zustände wirken können, sondern immer ein Prozess dazwischen geschaltet ist, der den Zustand ändern kann. Ausnahmen können auftreten, wenn ein Zustands-FEP eine Eigenschaft oder Teil eines anderen Zustands-FEP darstellt (Inventar-FEP). Die Kreuztabelle im Text zeigt einen Ausschnitt aus der Gesamttabelle (s. Anlage auf CD), der einige Grundzüge bei der Auswahl der Abhängigkeiten aufzeigt.

Tab. 5.1: Kreuztabelle der FEP-Abhängigkeiten, die Tabelle zeigt eine respektive Auswahl aus der Gesamttabelle (Anlage auf CD).

Titel	Globale klimatische Veränderungen	Transgression oder Regression	Permafrost	Inlandvereisung	Glaziale Rinnenbildung	Inventar: Radionuklide	Inventar: Metalle	Inventar: Organika	Inventar: Sonstige Stoffe	Abfallmatrix	Rückholbare Kokillen	Untere Schachtverschlüsse	Obere Schachtverschlüsse	Streckenverschlüsse	Buffer	Bohrlochverschlüsse
Globale klimatische Veränderungen																
Transgression oder Regression																
Permafrost																
Inlandvereisung																
Glaziale Rinnenbildung																
Inventar: Radionuklide																
Inventar: Metalle																
Inventar: Organika																
Inventar: Sonstige Stoffe																
Abfallmatrix																
Rückholbare Kokillen																
Untere Schachtverschlüsse																
Obere Schachtverschlüsse																
Streckenverschlüsse																
Buffer																
Bohrlochverschlüsse																

Legende:

Zustand-FEP			Selbstbezug
Prozess-FEP			Zustand/Zustand-Verknüpfung ausgeschlossen
			Zustand/Zustand-Verknüpfung zugelassen

Die FEP des Katalogs werden horizontal und vertikal gegeneinander aufgetragen, dunkel ausgegraut sind die Selbstbezüge, da ausgeschlossen wird, dass ein FEP sich selbst beeinflusst. In hellgrau sind die Felder markiert in denen ein Zustand FEP mit einem weiteren Zustand verknüpft wäre. Ausnahmen bilden die Inventar FEP, das FEP

Lösungsmengen im Grubenbau und das FEP *Fluiddruck* (Felder mit rotem Rand). Abhängigkeiten zwischen den FEP können demnach nur in den weißen Feldern vorliegen. Einen Einfluss auf die Abhängigkeiten von FEP hat auch die Tatsache, dass gewisse Prozesse wie zum Beispiel Erdbeben eine Sonderform eines anderen Prozesses wie Spannungsänderung darstellen. In diesen Fällen sollen parallele Abhängigkeiten vermieden werden und es verweist die spezielle Form des FEP nur auf dessen allgemeinere Form, von dem wiederum alle weiteren Abhängigkeiten dargestellt werden.

5.4 Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit und Wirkung in den Teilsystemen

Der FEP-Katalog macht eine qualitative Aussage zur bedingten Eintrittswahrscheinlichkeit, d. h. mit welcher Wahrscheinlichkeit die Voraussetzungen für das Eintreten eines FEP am Endlagerstandortmodell erfüllt sind. So bildet die Anwesenheit von Lösungen eine wichtige Voraussetzung für die Korrosion von Metallen. Wenn es zu einem Kontakt von Metallen mit Wasser kommt, laufen Korrosionsprozesse ab. Die Eintrittswahrscheinlichkeit des FEP *Metallkorrosion* ist wahrscheinlich, unabhängig davon, ob es bei einem bestimmten Szenarium tatsächlich zu einem Kontakt von Lösungen mit Metallen im Endlager kommt. Ob und in welchem Umfang Metallkorrosion im Endlager auftritt, wird erst im Rahmen der Systemanalyse ermittelt.

Die Eintrittswahrscheinlichkeit ist trotz begrifflicher Nähe nicht gleichzusetzen mit den Wahrscheinlichkeitsklassen („wahrscheinlich“, „weniger wahrscheinlich“ oder „unwahrscheinlich“), die in BMU (2010) festgelegt sind. Bei der Zuordnung der FEP zu diesen Wahrscheinlichkeitsklassen nach BMU (2010) wird in der Szenarienentwicklung zusätzlich die *Ausprägung* des FEP verwendet.

Die Ausprägung sagt aus, in welcher Intensität das jeweilige FEP auftritt. Dabei kann es sich um eine qualitative Beschreibung oder um einen quantitativen Wert bzw. Wertebereich handeln. FEP können verschiedene Ausprägungen aufweisen, die den Wahrscheinlichkeitsklassen „wahrscheinlich“, „weniger wahrscheinlich“ bzw. „unwahrscheinlich“ und deshalb nicht zu betrachten, zugeordnet werden können oder die sich aus der jeweils betrachteten Systementwicklung ergeben.

- Wenn möglich, sind im FEP-Katalog Ausprägungen in Verbindung mit Angaben zu ihrer Eintrittswahrscheinlichkeit aufgeführt (z. B. Ausfallraten von Behältern mit unerkannten Defekten).
- Bei manchen FEP kann eine Ausprägung angegeben werden, eine Zuordnung zu einer Wahrscheinlichkeitsklasse ist aber nicht möglich. Dies hängt oft damit zusammen, dass die Datenlage für eine solche Zuordnung nicht ausreicht. In diesen Fällen wird für das FEP im Referenzszenarium eine repräsentative Ausprägung angegeben und somit eine qualitative Abschätzung gemacht.
- Bei manchen FEP hängt deren Ausprägung von der jeweils betrachteten Entwicklungsmöglichkeit des Endlagersystems ab. Für solche FEP kann daher a priori keine wahrscheinliche, weniger wahrscheinliche oder unwahrscheinliche Ausprägung identifiziert werden. Die Ausprägung solcher FEP und die Wahrscheinlichkeit dieser Ausprägung ergeben sich durch die Beeinflussung über andere, kausal mit ihnen verbundene FEP und muss unter den jeweiligen Bedingungen des Szenariums erst ermittelt werden. Die tatsächliche Ausprägung bei einer betrachteten Systementwicklungsmöglichkeit kann vorab mittels Modellrechnungen oder durch Expertenurteil mit entsprechender Begründung abgeschätzt oder erst im Rahmen der Konsequenzenanalyse für das Szenarium ermittelt werden.

Wie aus der Eintrittswahrscheinlichkeit der FEP und ihrer Ausprägung die Zuordnung zu den Wahrscheinlichkeitsklassen nach BMU (2010) erfolgt, ist in Tab. 5.2 zusammengestellt. Die

Bewertung der Ausprägung wird für alle Initial-FEP und die FEP zur Radionuklidmobilisierung und zum Radionuklidtransport abgeleitet.

Tab. 5.2: Ableitung von Wahrscheinlichkeitsklassen aus den Informationen im FEP-Katalog zur Eintrittswahrscheinlichkeit und der Ausprägung

FEP-Katalog				Wahrscheinlichkeitsklassen	
Eintrittswahrscheinlichkeit		Ausprägung			
wahrscheinlich	weniger wahrscheinlich	wahrscheinlich	weniger wahrscheinlich	wahrscheinlich	weniger wahrscheinlich
x		x		x	
x			x		x
	x	x			x

In den unterschiedlichen Bereichen des Endlagersystems können die FEP in verschiedener Ausprägung relevant sein, d. h. die Wirkung in den Teilsystemen kann variieren. Um die Ausprägung der FEP differenzieren zu können, werden deshalb Teilsysteme betrachtet. Die Teilsysteme spiegeln den physischen Aufbau des Multibarrierensystems Endlager wider.

Insgesamt werden die vier Teilsysteme des Endlagersystems „Nahfeld“, „Wirtsgestein“, „Strecken und Schächte“ sowie „Nebengebirge“ betrachtet. Die Teilsysteme werden wie folgt definiert:

- Das Nahfeld umfasst den Bereich der Einlagerungsbohrlöcher mit den darin enthaltenen Objekten inklusive dem Bohrlochverschluss und Auflockerungszone.
- Mit Strecken und Schächten sind alle bergmännisch geschaffenen Hohlräume und untertägigen Bohrungen mit allen darin enthaltenen Objekten und Materialien (z. B. Einbauten, Versatz, Verschlussbauwerke) inkl. Auflockerungszone gemeint, sofern sie nicht dem Nahfeld zuzuordnen sind.
- Das Wirtsgestein umfasst die Schichtenfolge der stratigraphischen Einheiten Hauterivium und Barrémium abzüglich der bergmännisch geschaffenen Hohlräume und der sie umgebenden Auflockerungszonen.
- Das Nebengebirge beinhaltet die geologischen Einheiten im Endlagerstandortmodell mit Ausnahme des Wirtsgesteins.

Die Wirkung in den Teilsystemen wird nur für wahrscheinliche und weniger wahrscheinliche FEP diskutiert. Einem FEP, dessen Eintrittswahrscheinlichkeit bereits „nicht zu betrachten“ ist, wird in keinem Teilsystem eine Wirkung zugeschrieben und nicht in der Szenarienentwicklung betrachtet. Wird einem wahrscheinlichen oder weniger wahrscheinlichen FEP in allen Teilsystemen die Wirkung „nicht zu berücksichtigen“ zugeordnet, wird das FEP ebenfalls nicht in der Szenarienentwicklung berücksichtigt (siehe Kapitel 5.2 (FEP-Screening)).

5.5 Beeinträchtigung der Funktion von Initial-Barrieren

Durch die Informationen zur Eintrittswahrscheinlichkeit und zur Wirkung in den Teilsystemen (siehe Kapitel 5.4) kann die Anzahl der in der Szenarienentwicklung zu berücksichtigen FEP eingeschränkt werden. Trotzdem verbleibt eine große Anzahl zu berücksichtigenden FEP, die z. T. Aspekte beschreiben, die für die Sicherheitsbewertung von untergeordneter

Bedeutung sind. Da die Sicherheitsbewertung auf die Funktion der Komponenten des Barrierensystems abstellt, wurde als weiteres Selektionskriterium FEP mit einer direkten Beeinträchtigung der Initial-Barrieren (Initial-FEP) identifiziert und die betroffene Barriere spezifiziert (siehe auch Kapitel 6.8) (Beuth et al. 2012). Dies reduziert die Anzahl der FEP, die Ausgangspunkte für die Szenarienentwicklung bilden, auf eine handhabbare Anzahl.

Die Auswahl der Initial-Barrieren erfolgt, um für die gewählte methodische Vorgehensweise zur Szenarienentwicklung die Ansatzpunkte identifizieren zu können. Initial-Barrieren im Projekt ANSICHT sind:

- Bohrlochverschlüsse,
- Buffer,
- Innenliner,
- Rückholbare Kokille,
- Streckenverschlüsse,
- untere Schachtverschlüsse,
- Wirtsgestein.

Diese Barrieren verzögern bzw. begrenzen einerseits einen Lösungszutritt zu den Einlagerungsbereichen und andererseits eine Freisetzung ggf. kontaminierter Lösungen aus den Einlagerungsbereichen in das Grubengebäude. Durch das Sorptionsvermögen der Tone werden zudem Radionuklide zurückgehalten. Die diesbezügliche Barrierenwirksamkeit der genannten Barrieren ist zu Beginn der Nachverschlussphase vollständig entwickelt. Darin unterscheiden sich die Initialbarrieren von anderen Barrieren (z. B. Abfallmatrix), die im Endlagersystem wirksam sind.

Durch die Identifizierung von FEP, die die geotechnischen Verschlussbauwerke als Initialbarrieren beeinflussen, liefert der FEP-Katalog auch Informationen zur Auslegung von Verschlussbauwerken und damit grundlegende Informationen für den Nachweis der Integrität geotechnischer Barrieren.

Neben den Initial-Barrieren tragen weitere Barrieren zum sicheren Einschluss der Radionuklide bei, indem sie zu einem späteren Zeitpunkt zur Wiederherstellung der geringen Permeabilität im Endlagersystem beitragen (z. B. Versatz) oder eine Freisetzung der Radionuklide verzögern (z. B. Abfallmatrix). Die zeitliche Veränderungen der Wirksamkeit dieser weiteren Barrieren sowie eine mögliche Beeinträchtigung ihrer Funktion durch im Endlagersystem ablaufende Prozesse werden durch entsprechende FEP und ihre Ausprägungen und Einwirkungen durch andere FEP berücksichtigt und im Rahmen der Szenarienentwicklung erfasst.

5.6 Transparenz und Nachvollziehbarkeit

Durch den Aufbau des FEP-Kataloges werden der Ausgangszustand des Endlagersystems und Prozesse, die in einem derartigen Endlagersystem zukünftig ablaufen, in systematischer Weise erfasst. Die Beschreibung der einzelnen FEP erfolgt derart, dass die für die weitere Verwendung der FEP in der Szenarienentwicklung erforderlichen Informationen in übersichtlicher Weise angeordnet sind. Die Gewährleistung der Verfahrenstransparenz ist durch die Begründungen der Eintrittswahrscheinlichkeit, der Wirkung in den Teilsystemen, der Beeinträchtigung der Funktion der Initial-Barrieren sowie die Abhängigkeiten untereinander im FEP-Katalog gegeben.

Von besonderer Bedeutung für die Transparenz und Nachvollziehbarkeit des FEP-Kataloges ist die Zusammenstellung von Literaturhinweisen zu den FEP. Sie ist ein wesentlicher Bestandteil der wissenschaftlichen Beschreibung und Dokumentation des Zustandes des

Endlagersystems am generischen Endlagerstandortmodell und Prozesse in einem derartigen Endlagersystem. Dadurch kann gezeigt werden, welche wissenschaftlichen Beiträge berücksichtigt worden sind und welche letztendlich bei der Beschreibung der Auswirkungen eines FEP zugrunde gelegt wurden. Die angegebenen und diskutierten Literaturhinweise geben naturgemäß immer nur einen Ausschnitt der tatsächlich vorhandenen Literatur wieder. Durch die Dokumentation im FEP-Katalog sind aber die verwendeten Grundlagen transparent und nachvollziehbar dargelegt.

5.7 Identifizierung offener Fragen

Bei der Bearbeitung der FEP haben sich Aspekte ergeben, die im Detail noch besser untersucht werden sollten. Die Identifizierung dieser offenen Fragen im FEP-Katalog liefert einen Beitrag zur Feststellung allgemeiner Fragestellungen bezüglich der Endlagerung von wärmeentwickelnden radioaktiven Abfällen in Tongestein sowie des zukünftigen Bedarf an Forschung und Entwicklung.

6 Aufbau der FEP-Einträge

In diesem Kapitel werden sowohl Aufbau der Datenbank als auch die Struktur des beigelegten Auszugs erläutert. Aufgrund der in den vorangegangenen Kapiteln beschriebenen vielfältigen Anforderungen an den FEP-Katalog werden folgende Informationen zu jedem FEP bereitgestellt:

- eine Definition bzw. Kurzbeschreibung,
- allgemeine Informationen und Beispiele,
- die Sachlage am Endlagerstandortmodell,
- die Auswirkungen auf das Endlagerstandortmodell,
- mögliche zeitliche Beschränkungen des FEP,
- die Eintrittswahrscheinlichkeit,
- die Wirkung in den Teilsystemen
- die Beeinträchtigung der Funktion der Initial-Barrieren,
- Begründungen zu den o. g. Aspekten,
- die direkten Abhängigkeiten zu anderen FEP
- offene Fragen und
- Literaturquellen.

Alle Informationen zu den FEP sind in einer Datenbank abgelegt. Ein Auszug der Datenbank ist auf einer CD-ROM diesem Bericht beigelegt. Die Datenbank verfügt über eine graphische Benutzeroberfläche, die die Möglichkeit bietet,

- Datensätze zu erstellen, zu bearbeiten und zu löschen,
- verschiedene Versionen von Datensätzen zu verwalten,
- einen Konsistenzcheck zwischen den Abhängigkeiten der FEP durchzuführen,
- eine Suchfunktion mit verschiedenen Suchkriterien zu starten und entsprechende Listen zu erstellen sowie
- Datensätze bzw. Datenlisten zu exportieren und zu drucken.

Die grafische Benutzeroberfläche (Abb. 6.1) ist geteilt in einen Kopf und sieben Registerkarten, auf denen vor allem längere Texte zur inhaltlichen Beschreibung eingetragen sind. Zunächst werden einige allgemeine Angaben im Kopf der Benutzeroberfläche erklärt bevor detailliert auf die in der Datenbank abzulegenden Informationen eingegangen wird.

Abfragen: sortiert nach fepnr

FEP-Nr.: A 2.2.02.01 NEA-Nr.: 2.2.02 Titel: Wirtsgestein Datum: 21.01.2014 Rev.-Nr.: 1.112

Kurzbeschreibung:
 Als Wirtsgestein wird der Teil einer Gesteinsfolge bezeichnet, in der die radioaktiven Abfälle eingelagert werden. Im Bereich des Endlagerstandortmodells NORD sind dies die Tongesteine der stratigraphischen Einheiten Hauterivium und Barremium. Das FEP beschreibt die struktureologischen, lithologischen, mineralogischen und petrophysikalischen Eigenschaften des Wirtsgesteins.

Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:
☒ wahrscheinlich
☐ weniger wahrscheinlich
☐ nicht zu betrachten

Beeinträchtigung der Funktion der Initial-Barrieren:
 Keine

Status:
 Zustand

Begründungen:
 Eintrittswahrscheinlichkeit: Das Wirtsgestein ist eine Randbedingung des Endlagerstandortmodells und wird auch in Zukunft als Randbedingung Bestand haben.
 Handhabung in den Teilsystemen: Das Wirtsgestein ist identisch mit dem Teilsystem Wirtsgestein und hat als solches keine Wirkung auf die anderen Teilsysteme.
 Beeinträchtigungen der Funktion der Initial-Barrieren: Das Wirtsgestein ist eine Initial-Barriere.

Allgemeine Informationen und Beispiele:
 Gemäß der Definition des AkEnd (2002) muss das Wirtsgestein gegenüber geodynamischen Einwirkungen (z. B. Erdbeben/neotektonische Bewegungen) stabil sein. Wirtsgestein und Nebengebirge sollen die Funktion natürlicher Barrieren in einem Mehrbarrierensystem übernehmen. Form und Ausdehnung des Wirtsgesteinskörpers (inklusive einer Schutzzone) sollen genügend Flexibilität hinsichtlich Konfiguration und Auslegung des Endlagers bieten. Die gebirgs- und felsmechanischen Eigenschaften müssen den sicheren Bau, Betrieb und Verschluss des Endlagers ermöglichen. Im auf den Festlegungen des AkEnd (2002) und den Sicherheitskriterien des BMU basierenden Sicherheitskonzept für die Nachverschlussphase (Rübel 2012) wird festgelegt, dass die Mächtigkeit der Wirtsgesteinsformation mindestens 100 m beträgt. Das Endlager muss allseitig von Wirtsgestein umschlossen sein. Die Errichtung der Einlagerungsbereiche erfolgt in einer gut charakterisierbaren und möglichst homogenen Tonformation. Die Grundwassergeschwindigkeit im Wirtsgestein soll so gering sein, dass ein Transport von Schadstoffen durch Advektion höchstens vergleichbar zu dem durch Diffusion ist.
 Das Wirtsgestein muss vor allem die Errichtung und den Betrieb des Endlagerbergwerks erlauben. Diese Funktion darf durch von den Abfällen ausgehende Auswirkungen, insbesondere Wärmeeintrag ins Gebirge und Gasentwicklung, nicht beeinträchtigt werden (AkEnd 2002). Weltweit werden verschiedene Arten von Wirtsgesteinen mit zum Teil deutlichen Unterschieden in ihren charakteristischen - insbesondere mechanischen und hydraulischen - Eigenschaften (z. B. der Festigkeit und Wasserdurchlässigkeit) untersucht. Man differenziert zwischen kristallinen Gesteinen (Tiefengesteine wie Granite, regionalmetamorphe Gesteine wie Gneise) inkl. stark konsolidierter (geklüfteter) Sedimente, ferner plastisch-tonigen Sedimenten (Tongesteine), Sandsteinen und petrographisch verwandten Gesteinstypen und Karbonatgesteinen sowie schließlich Salzformationen (Salzstöcke oder Steinsalzvorkommen in flacher Lagerung, möglicherweise Anhydrit sowie Gesteine in Sonderfazies mit günstigen Eigenschaften).
 In vielen Ländern spielen Tongesteine, den nationalen geologischen Gegebenheiten folgend, eine wesentliche Rolle. Dabei können Tongesteine gleichzeitig sowohl die Anforderungen als Wirtsgestein als auch die der natürlichen geologischen Barriere erfüllen. Deshalb werden derzeit - in Abhängigkeit von natürlichen geologischen Bedingungen - als potentielle Wirtsgesteine sowohl unverfestigte Tone als auch verfestigte Tongesteine untersucht (Hoth et al. 2007). Dazu zählen nach NAGRA (2002) u. a.:
 - Boom-Ton (Mol, Belgien),
 - Opalinuston (Sondierbohrung Benken, Felslabor Mont Terri, Zürcher Weinland, alle Schweiz).

Abb. 6.1: Grafische Benutzeroberfläche der ANSICHT-FEP-Datenbank am Beispiel des FEP Nr. 1.1.12.01 „Sicherheitsrelevante, unplanmäßige Ereignisse in der Betriebsphase“

FEP-Bezeichnung: Die FEP-Bezeichnung setzt sich zusammen aus der FEP Nummer, der NEA-Nummer und dem FEP-Titel. Die FEP-Nummer ermöglicht eine eindeutige Kennzeichnung des FEP anhand eines vierstufigen Anordnungsschemas. Die ersten drei Zahlen entsprechen dem Schema der NEA-FEP-Datenbank (NEA/OECD 2000). Um den Bezug zur Systematik der NEA-Liste zu erhalten und gleichzeitig die zusätzliche Untergliederung in der Nummerierung darzustellen, wurde die Nummer der NEA mittels einer vierten Zifferngruppe weiter untergliedert.

NEA-Nummer: Die dreigliedrigen NEA-Nummern des FEP-Schemas der NEA wird in dem FEP-Katalog für das betrachtete Endlagersystem ebenfalls im Kopf der Datenbankmaske aufgeführt, um den Bezug des betreffenden FEP zur Systematik des FEP-Schemas der NEA transparent zu machen (siehe Anhang A).

FEP-Titel: Zusätzlich zur FEP-Nummer, mit der jedes FEP eindeutig identifiziert ist, wird für jedes FEP ein aussagekräftiger FEP-Titel vergeben. Beim Benennen der FEP wurden folgende Regeln zugrunde gelegt:

- Ist ein auf das Wirtsgestein bezogenes FEP unabhängig von der mineralogischen Zusammensetzung des Wirtsgesteins, wird im Titel der Begriff „Wirtsgestein“ verwendet, Beispiel: *Kohlenwasserstoffvorkommen im Wirtsgestein*
- Werden in einem FEP sich ausschließende Prozesse zusammengefasst, werden sie mit einem „oder“ versehen, Beispiel: *Transgression oder Regression*
- Werden in einem FEP gleichzeitig ablaufende Prozesse zusammengefasst, werden sie mit einem „und“ versehen, Beispiel: *Auflösung und Ausfällung*

Die Aufteilung in die folgenden zwölf Unterkapitel entspricht der Untergliederung der FEP-Beschreibung des technischen Berichtes, der einen Auszug aus der Datenbank darstellt. In den Unterkapiteln ist angegeben, was in die Datenbank zu jedem Aspekt jeweils eingegeben werden kann.

6.1 Definition/Kurzbeschreibung

Dieses Feld beinhaltet die Definition des FEP und gegebenenfalls eine kurze Beschreibung. Dadurch wird das FEP gegenüber möglicherweise differierenden Bedeutungen in anderen Fachgebieten sowie Mehrdeutigkeiten abgegrenzt.

6.2 Allgemeine Informationen und Beispiele

Ausgehend von der Kurzbeschreibung (Kapitel 6.1) kann in diesem Textfeld die Bedeutung des FEP durch zusätzliche Informationen und Beispiele näher erläutert werden. Diese Informationen sind nicht spezifisch für das Endlagerstandortmodell, hier können z. B. auch relevante Informationen aus dem Gebiet des Referenzprofils NORD oder Informationen, die generell für den jeweiligen Prozess/Zustand gelten, dargelegt werden.

6.3 Sachlage am Endlagerstandortmodell

Für die durch das jeweilige FEP beschriebene Gegebenheit ist in diesem Feld die Sachlage am Endlagerstandortmodell angegeben. Die Darstellung beschränkt sich nicht nur auf das derzeitige oder frühere Eintreten bzw. die Ausprägung des FEP am Endlagerstandortmodell, sondern umfasst auch die Möglichkeit des Eintretens bzw. der Ausprägung des FEP in der

Zukunft. Die Beschreibung des Endlagerstandortmodells NORD erfolgt in (Reinhold et al. 2013).

6.4 Auswirkungen auf das Endlagerstandortmodell

In diesem Feld sind die durch das FEP hervorgerufenen möglichen Veränderungen gegenüber dem Anfangszustand am Standort genannt.

6.5 Zeitliche Beschränkung

Verschiedene FEP können nur in bestimmten Zeiträumen auftreten bzw. wirksam werden. Sofern solche zeitlichen Beschränkungen bestehen, sind sie in dem Feld „Zeitliche Beschränkung“ unter der Registerkarte „Wirkung im Teilsystem“ (Abb. 6.1) angegeben.

Bei der Verknüpfung von FEP zu Szenarien können dann Kombinationen von FEP, die im Prinzip voneinander abhängig sind, aber im konkreten Fall nur in unterschiedlichen Zeiträumen wirksam werden können, unberücksichtigt bleiben.

Wenn das FEP über den gesamten Nachweiszeitraum auftreten kann oder anderweitig keine zeitlichen Einschränkungen möglich sind, wird dies durch den Eintrag „keine“ dokumentiert.

6.6 Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit

Mit Hilfe eines Auswahlfeldes erfolgt eine Klassifizierung der bedingten Wahrscheinlichkeit, mit der ein FEP unter der Bedingung eintritt, dass die für sein Eintreten notwendigen Voraussetzungen am Standort vorliegen bzw. mit Sicherheit zu erwarten sind. In der FEP-Datenbank wird über eine Schaltfläche zwischen folgenden Optionen unterschieden:

- wahrscheinlich: Das Eintreten von FEP dieser Klasse innerhalb des Nachweiszeitraums ist zu erwarten. In diese Klasse fallen auch am Endlagerstandortmodell vorliegende Gegebenheiten, die z. B. die geologische Situation beschreiben (z. B. das FEP *Wirtsgestein*) oder durch die Einlagerung der radioaktiven Abfälle gegeben sind (z. B. das FEP *Inventar: Radionuklide*).
- weniger wahrscheinlich: Das Eintreten von FEP dieser Klasse innerhalb des Nachweiszeitraums ist nicht zu erwarten, aber auch nicht auszuschließen.
- nicht zu betrachten: Diese Klasse wird gewählt, wenn das FEP am Endlagerstandortmodell innerhalb des Nachweiszeitraumes nicht eintreten kann. Dies trifft zum Beispiel auf das FEP *Orogenese* zu. Auch FEP, dessen primäre Auswirkungen alle denkbaren Auswirkungen eines Endlagers übersteigen, wie das FEP *Meteoriteneinschlag*, werden in diese Kategorie eingestuft.

6.7 Wirkungen in den Teilsystemen

Unter dieser Registerkarte ist über Dropdown-Listen für die definierten Teilsysteme angegeben, ob das FEP bei der Szenarienentwicklung aufgrund der Ausprägung in dem entsprechenden Teilsystem berücksichtigt werden muss oder unberücksichtigt bleiben kann.

Die Wirkung eines FEP wird nur in den Teilsystemen ausgewiesen, in denen das FEP selbst stattfindet oder vorhanden ist. Die gegenseitige Beeinflussung der Teilsysteme erfolgt aber dennoch, sodass FEP aus anderen Teilsystemen trotzdem FEP aus anderen Teilsystemen

beeinflussen können. Der Einfluss des FEP auf andere Teilsysteme wird über die Abhängigkeiten der FEP beschrieben. So wirkt das FEP *Nebengebirge* nur im Teilsystem „Nebengebirge“. Auswirkungen auf das Teilsystem *Wirtsgestein* durch mögliche Mächtigkeitsschwankungen werden über die Abhängigkeiten (FEP *Spannungsänderung und Spannungsumlagerung*) beschrieben.

6.8 Beeinträchtigung der Funktion der Initial-Barrieren

Mittels dieses Auswahlfeldes wird angegeben, ob das entsprechende FEP möglicherweise eine oder mehrere Initial-Barrieren direkt beeinträchtigen kann. Die Definition einer Initial-Barriere ist in Kapitel 3 dargelegt. Eine Beeinträchtigung bedeutet, dass das FEP ursächlich auf die Funktion einer bestimmten Barriere negativ einwirkt.

Wenn keine Beeinträchtigung der Funktion einer Initial-Barriere gegeben ist, wird das Auswahlfeld „nicht zutreffend“ verwendet.

Wurde eine Beeinträchtigung des betrachteten FEP auf die Funktion einer Initial-Barriere identifiziert, so sind die betroffenen Barrieren in der Datenbank benannt.

FEP, die eine Initial-Barriere oder Teile davon beschreiben (Nahfeldbarrieren, Geotechnische Barrieren, Wirtsgestein) können diese Barriere nicht beeinträchtigen. Sie können aber indirekt andere Barrieren beeinträchtigen.

6.9 Begründungen zu 6.6 bis 6.8

In den gemäß den Kapiteln 6.6 bis 6.8 erfolgten Einträgen sind zusammen mit den direkten Abhängigkeiten (Kapitel 6.10) entscheidende Informationen für die Szenarienentwicklung abgelegt. Da es eine wichtige Aufgabe des FEP-Kataloges ist, die wissenschaftlichen Sichtweisen und die darauf basierenden getroffenen Entscheidungen transparent und nachvollziehbar zu machen, sind in diesem Textfeld daher die Begründungen zu den Einträgen zur Eintrittswahrscheinlichkeit (Kapitel 6.6), zur Wirkung in den Teilsystemen (Kapitel 6.7) und zur Beeinträchtigung der Funktion einer Initial-Barriere (Kapitel 6.8) dokumentiert.

6.10 Direkte Abhängigkeiten

Diese Registerkarte gliedert sich in zwei Felder, in denen die Abhängigkeiten zwischen den FEP dargestellt sind. Es sind die direkten Abhängigkeiten zwischen FEP aufgezeigt, die für die Langzeitsicherheitsanalyse von Bedeutung sind. Die Kenntnis derartiger Abhängigkeiten bildet eine wichtige Grundlage für die Identifizierung der Ausprägungen der FEP und spielt damit für die Szenarienentwicklung eine große Rolle. Eine direkte Abhängigkeit bedeutet in diesem Zusammenhang, dass das genannte FEP direkt auf das genannte andere FEP wirkt.

Die Tatsache, dass zwischen Einwirkende FEP und Beeinflusste FEP (z. B. Lösungsmengen im Grubenbau ist einwirkendes FEP von Metallkorrosion <> Metallkorrosion ist beeinflusstes FEP von Lösungsmengen) eine Wechselbeziehung besteht, wird in der Datenbank zur Qualitätssicherung genutzt, indem ein Konsistenzcheck zwischen den Einträgen von einwirkenden FEP zu beeinflussten FEP durchgeführt werden kann und dabei vorhandene Inkonsistenzen ausgegeben werden. Diese Prüfung ist nützlich, da solche Inkonsistenzen bei der Bearbeitung anzeigen, dass die Abhängigkeiten zwischen zwei FEP aus der Perspektive des einen FEP anders beurteilt werden als aus der Perspektive des anderen

FEP. Vorhandene Inkonsistenzen müssen im Laufe der Erstellung eines FEP-Kataloges aufgelöst werden. In dem dafür vorgesehenen Textfeld wird die Begründung zu jeder Abhängigkeit angegeben, warum die beiden FEP in einer direkten Abhängigkeit zueinander stehen.

6.11 Offene Fragen

In diesem Textfeld sind die Aspekte erwähnt, die für das aktuelle FEP relevant sind, aber im Detail noch besser untersucht werden müssen. Hier werden auch Fragestellungen genannt, die keinen FuE-Bedarf im eigentlichen Sinne darstellen, aber zu deren Beantwortung noch konkrete Arbeiten durchgeführt werden müssen.

Offene Arbeiten, die in einem Genehmigungsverfahren endlagerspezifisch durchzuführen wären, werden nicht aufgeführt (z. B. Durchführung einer Störfallanalyse).

6.12 Literaturquellen

In diesem Feld sind die in der FEP-Beschreibung angeführten Literaturzitate aufgeführt. Um die Transparenz des FEP-Kataloges zu gewährleisten, wird nur auf veröffentlichte Literatur zurückgegriffen. Zusätzlich zu den Literaturziten wird unter „Weiterführende Literatur“ Literatur ergänzt, die für das Verständnis des jeweiligen FEP von Interesse sein kann.

7 Zusammenfassung

Der im Rahmen des ANSICHT-Projektes erstellte FEP-Katalog liefert eine Darstellung der Zustände, die den Anfangszustand des Endlagersystems zu Beginn der Nachverschlussphase des Endlagerstandortmodells NORD charakterisieren sowie der Prozesse, die in einem derartigen Endlagersystem zukünftig ablaufen können.

Der FEP-Katalog zeigt den Zusammenhang zwischen dem geologischen Standortmodell, der geologischen Langzeitprognose, dem Endlagerkonzept und dem Verfüll- und Verschlusskonzept sowie den zukünftigen Entwicklungen und den aus der Einlagerung radioaktiver Abfälle resultierenden Prozesse auf. Er liefert damit eine wichtige Grundlage für die Szenarienentwicklung und Integritätsanalyse.

Der FEP-Katalog liefert Informationen, die es ermöglichen diejenigen FEP, die für die Systementwicklung nicht von Bedeutung sind, zu identifizieren und somit ein FEP-Screening durchzuführen.

Des Weiteren werden Informationen für die Szenarienentwicklung bereitgestellt. Die Begründungen zur Einteilung der FEP hinsichtlich einer Eintrittswahrscheinlichkeit, der Einfluss auf die Funktion der Initial-Barrieren, die direkten Abhängigkeiten zu anderen FEP, sowie die Wirkung in den Teilsystemen wurden im FEP-Katalog dokumentiert, damit diese für die Szenarienentwicklung wichtigen Informationen nachvollziehbar bleiben.

Darüber hinaus dient der FEP-Katalog auch als Informationsquelle für den Integritätsnachweis bezüglich der geotechnischen Barrieren. Für den Integritätsnachweis lassen sich aus dem FEP-Katalog Prozesse identifizieren, die auf die geotechnischen Barrieren einwirken. In (Müller-Hoeppe 2014) wird, basierend auf dem VSG Konzept, geschildert, wie die Einwirkungen auf die Barrieren aus den FEP abgeleitet werden.

Zudem liefert der FEP-Katalog Angaben zur Literatur zu den FEP am generischen Endlagerstandortmodell und stärkt somit die Nachvollziehbarkeit und Transparenz der in ANSICHT verwendeten Informationen. Die FEP im FEP-Katalog wurden nach dem Stand von Wissenschaft und Technik beschrieben, mit der Identifizierung offener Fragen liefert der FEP-Katalog einen Beitrag zu Fragestellungen bezüglich der Endlagerung von wärmeentwickelnden radioaktiven Abfällen in Tongestein.

Der FEP-Katalog wurde für das Projekt ANSICHT entwickelt und bezieht sich auf ein generisches Endlagerstandortmodell, das eine charakteristische Situation im östlichen Niedersächsischen Becken beschreibt. Unterschiede zu vorhergehenden FEP-Katalogen ergeben sich durch wirtsgesteinsspezifische Gründe und aus der Weiterentwicklung der Methodik.

8 Literaturverzeichnis

- Beuth, T., Bracke, G., Buhmann, D., Dresbach, C., Keller, S., Krone, J., Lommerzheim, A., Mönig, J., Mrugalla, S., Rübel, A. & Wolf, J. (2012). Szenarienentwicklung: Methodik und Anwendung. Bericht zum Arbeitspaket 8. Vorläufige Sicherheitsanalyse für den Standort Gorleben. Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, GRS-284; Köln. ISBN 978-3-939355-60-1.
- BMU (2010). Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Stand: 30. September 2010, Bonn.
- Bollingerfehr, W., Buhmann, D., Filbert, W., Heusermann, S., Keller, S., Kreienmeyer, M., Krone, J., Mönig, J., Tholen, M., Weber, J. R. & Wolf, J. (2008). Überprüfung und Bewertung des Instrumentariums für eine sicherheitliche Bewertung von Endlagern für HAW – ISIBEL. Gemeinsamer Bericht von DBE TECHNOLOGY GmbH, BGR und GRS. DBE TECHNOLOGY GmbH, TEC-09-2008-AB: 95 S., 9 Einzelberichte als Anlage, Peine.
- Buhmann, D., Keller, S., Krone, J., Lommerzheim, A., Mönig, J., Mrugalla, S., Weber, J. R. & Wolf, J. (2010). FEP-Katalog für einen HAW-Standort im Wirtsgestein Salz. Revision 01. Gemeinsamer Abschlussbericht von BGR, DBE TECHNOLOGY GmbH und GRS, Hannover, Peine, Braunschweig.
- Fischer-Appelt, K., Baltes, B., Buhmann, D., Larue, J. & Mönig, J. (2013). Synthesebericht für die VSG: Bericht zum Arbeitspaket 13. Vorläufige Sicherheitsanalyse für den Standort Gorleben. Gesellschaft für Anlagensicherheit und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, GRS-290: 424 S.; Köln. ISBN 978-3-939355-66-3.
- Jahn, S. & Sönnke, J. (2013). Endlagerstandortmodell NORD. Teil II: Zusammenstellung von Gesteinseigenschaften für den Langzeitsicherheitsnachweis. Projekt ANSICHT: Methodenentwicklung und Anwendung eines Sicherheitsnachweiskonzeptes für einen generischen HAW-Endlagerstandort im Tonstein, Bundesanstalt für Geowiss. u. Rohstoffe (BGR), Zwischenbericht, 72 S., Hannover.
- Lommerzheim, A. & Jobmann, M. (2015). Endlagerkonzept sowie Verfüll- und Verschlusskonzept für das Endlagerstandortmodell NORD, Technischer Bericht, FuE-Projekt ANSICHT: Methodik und Anwendungsbezug eines Sicherheits- und Nachweiskonzeptes für ein HAW-Endlager im Tonstein, DBE TECHNOLOGY GmbH, Peine.
- Mönig, J., Buhmann, D., Rübel, A., Wolf, J., Baltes, B. & Fischer-Appelt, K. (2012). Sicherheits- und Nachweiskonzept: Bericht zum Arbeitspaket 4. Vorläufige Sicherheitsanalyse für den Standort Gorleben. Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, GRS-277: 79 S., Köln, ISBN 978-3-939355-53-3.
- Mrugalla, S. (2014). Geowissenschaftliche Langzeitprognose für Norddeutschland - Ohne Endlagereinfluss. Methodik und Anwendungsbezug eines Sicherheits- und Nachweiskonzeptes für ein HAW-Endlager im Tonstein (ANSICHT). Bundesanstalt für Geowiss. u. Rohstoffe (BGR), Ergebnisbericht, 152 S., Hannover.
- Müller-Hoepe, 2014: FEPs and their Designation in the Technical Proof of a Geotechnical Barrier's Safety Function, International Conference on the Performance of Engineered Barriers (PEPS), Feb. 6-7, 2014, pp. 383-389, Hannover, Germany.
- NEA/OECD (2000). Features, Events and Processes (FEPs) for Geologic Disposal of Radioactive Waste. An International Database. Vers. 1.2. OECD/NEA Publ., Radioactive Waste Management: 88 S., 4 Fig., 4 Tab., App. A-D; Paris. ISBN 92-64-18514-3.
- Nowak, T. & Maßmann, J. (2013). Endlagerstandortmodell Nord. Teil III: Auswahl von Gesteins- und Fluideigenschaften für numerische Berechnungen im Rahmen des Langzeitsicherheitsnachweises. Projekt ANSICHT: Methodenentwicklung und Anwendung eines Sicherheitsnachweiskonzeptes für einen generischen Standort im Tonstein, Bundesanstalt für Geowiss. u. Rohstoffe (BGR), Zwischenbericht; 31 S., Hannover.
- Reinhold, K. & Sönnke, J. (2012). Referenzregionen in Süd- und Norddeutschland als geologische Grundlage der generischen Endlagerstandortmodelle im Tongestein, Zwischenbericht Bundesanstalt für Geowiss. u. Rohstoffe, 20 S., Hannover, Berlin.
- Reinhold, K., Jahn, S., Kühnlentz, T., Ptock, L. & Sönnke, (2013). Endlagerstandortmodell Nord. Teil I: Beschreibung des geologischen Endlagerstandortmodells, Projekt ANSICHT: Methodenentwicklung und Anwendung eines Sicherheitsnachweiskonzeptes für einen

- generischen HAW-Endlagerstandort im Tonstein, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Zwischenbericht, 71 S. Hannover, Berlin.
- Rübel, A. & Meleshyn, A. (2014). Sicherheitskonzept und Nachweisstrategie, Technischer Bericht GRS-338, F&E-Projekt ANSICHT: Methodik und Anwendungsbezug eines Sicherheits- und Nachweiskonzeptes für ein HAW-Endlager im Tonstein, GRS, Braunschweig.
- SKB (1989). The joint SKI/SKB scenario development project. Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co (SKB), TR- 89-35: 168 S., App. A-A:5, B-B:4, Stockholm.
- Wolf, J., Behlau, J., Beuth, T., Bracke, G., Bube, C., Buhmann, D., Dresbach, C., Hammer, J., Keller, S., Kienzler, B., Klinge, H., Krone, J., Lommerzheim, A., Metz, V., Mönig, J., Mrugalla, S., Popp, T., Rübel, A. & Weber, J. R. (2012). FEP-Katalog für die VSG. Dokumentation. Bericht zum Arbeitspaket 7, Vorläufige Sicherheitsanalyse für den Standort Gorleben. Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH. GRS 283; Köln. ISBN: 978-3-939355-58-8.

A Zuordnung der verwendeten spezifischen FEP des Projektes ANSICHT zur internationalen NEA-FEP-Liste (OECD 2000)

Die nachfolgende Tabelle dokumentiert die thematische Zuordnung der projektspezifischen FEP des generischen Endlagerstandortmodells NORD zu den FEP aus der internationalen NEA-FEP-Liste (NEA/OECD, 2000). Die Form der Tabelle ist aus der Klassifikationsstruktur der internationalen NEA-FEP-Liste abgeleitet. In dieser Klassifikationsstruktur werden 4 Ebenen (Layer) unterschieden, die durch Kategorien (Klassen) weiter gegliedert werden. Den einzelnen Kategorien sind die FEP der internationalen NEA-FEP-Liste eindeutig zugeordnet (NEA-FEP-Nummer). Letztere ist die Basis für den Vergleich mit den projektspezifischen FEP.

In der Tabelle wurden zur weiteren Kennzeichnung der Klassifikationsstruktur folgende unterschiedliche Farben verwendet:

▪ NEA-FEP-Ebene
▪ NEA-FEP-Kategorie
▪ NEA-FEP-Nummer
▪ Projekt ANSICHT

Bedingt durch die Zielstellung des Projektes ANSICHT, der Verwendung eines generischen Endlagerstandortmodells und der Berücksichtigung von Abhängigkeiten sind einzelne Themen der internationalen NEA-FEP-Liste nicht von projektspezifischen FEP abgedeckt.

So beinhaltet der FEP-Katalog eine zusammenfassende wissenschaftliche Beschreibung des Anfangszustandes von den einzelnen FEP, d. h. zu Beginn der Nachverschlussphase. Daher sind aus der Planungs- Erkundungs- und Betriebsphase des Endlagers nur FEP berücksichtigt, die unmittelbar die Entwicklung des Endlagersystems in der Nachbetriebsphase beeinträchtigen könnten (FEP **1.1.12.01** *Sicherheitsrelevante, unplanmäßige Ereignisse in der Betriebsphase*, **1.1.12.02** *Kokillensticking* und **1.5.03.01** *Wegsamkeiten in Erkundungsbohrungen*).

Die Festlegungen zum Design des Endlagers sind in einem Grundlagenbericht dokumentiert und diese gelten als Randbedingungen für die Systementwicklung. Diese beinhaltet auch die Anforderungen an die Rückholbarkeit. Weiterhin sind FEP im Zusammenhang mit dem möglich zukünftigen Eingriff von Menschen (HUMAN BEHAVIOUR) nicht berücksichtigt.

Die möglichen Veränderungen der Barrieren im Endlagersystem werden mit Hilfe der Abhängigkeiten zu Prozess-FEP erfasst und sind ein Ansatzpunkt für die Szenarienentwicklung. Auch die Auswirkungen auf die Systementwicklung des Endlagers durch ein vorzeitiges Versagen von technischen Barrieren, d. h. vor dem Ablauf ihrer definierten Funktionszeit, werden durch die spätere Entwicklung von Szenarien berücksichtigt und bewertet.

Die Kurzbeschreibungen der internationalen NEA-FEP-Liste wurden in englischer Sprache übernommen, damit Interpretationen aufgrund der Übersetzung vermieden werden.

NEA-FEP-Ebene	1	EXTERNAL FACTORS
External Factors are FEPs with causes or origins outside the disposal system domain, i.e. natural or human factors of a more global nature and their immediate effects. Included in this layer are decisions related to repository design, operation and closure since these are outside the temporal bound of the disposal system domain. In general, external factors are not influenced, or only weakly influenced, by processes within the disposal system domain. In developing models of the disposal system domain, external factors are often represented as boundary conditions or initiating events for processes within the disposal system domain.		
NEA-FEP-Kategorie	1.1	REPOSITORY ISSUES
Decisions on design and waste allocation, and also events related to site investigation, operations and closure.		
NEA-FEP-Nummer	1.1.01	SITE INVESTIGATION (Standortuntersuchungen)
FEPs related to the investigations that are carried out at a potential repository site in order to characterise the site both prior to repository excavation and during construction and operation.		
Projekt AnSichT	FEP, die aus einer Standorterkundung resultieren und die Langzeitsicherheit des Endlagersystems beeinflussen können, werden in dem FEP 1.5.03.01 Wegsamkeiten in Erkundungsbohrungen behandelt.	
NEA-FEP-Nummer	1.1.02	EXCAVATION/CONSTRUCTION (Auffahrung / Ausbau)
FEPs related to the excavation of shafts, tunnels, disposal galleries, silos etc. of a repository, the stabilisation of these openings and installation/assembly of structural elements.		
Projekt AnSichT	Die durch die Auffahrung und dem Ausbau von untertägigen Hohlräumen beeinflussten FEP werden der NEA-FEP-Ebene 2 zugeordnet. Beispiele sind die Berücksichtigung der FEP 2.2.06.01 Spannungsänderung und Spannungsumlagerung , 2.2.01.01 Auflockerungszone und ungesättigte Zone , 2.1.06.01 Technischen Einrichtungen und deren Eigenschaften oder 2.1.06.02 Streckenausbau .	
NEA-FEP-Nummer	1.1.03	EMPLACEMENT OF WASTES AND BACKFILLING (Einlagerungsbereich und Versatz)
FEPs related to the placing of wastes (usually in containers) at their final position within the repository and placing of buffer and/of backfill materials.		
Projekt AnSichT	Ein projektspezifischer Bericht zum Endlagerkonzept sowie zum Verfüll- und Verschlusskonzept für das generische Endlagerstandortmodell NORD wurde erstellt. Nahfeldbarrieren sind folgende FEP: 2.1.03.01 Rückholbare Kokillen , 2.1.05.05 Buffer , 2.1.05.06 Bohrlochverschlüsse , 2.1.06.03 Innenliner . Die FEP sind der NEA-FEP-Ebene 2 zugeordnet.	
NEA-FEP-Nummer	1.1.04	CLOSURE AND REPOSITORY SEALING (Verschluss des Endlagers)
FEPs related to the cessation of waste disposal operations at a site and the backfilling and sealing of access tunnels and shafts.		
Projekt AnSichT	Werden in der NEA-FEP-Ebene 2 behandelt, z. B. FEP 2.1.04.01 Versatz ,	

	2.1.05.02 Untere Schachtverschlüsse
NEA-FEP-Nummer	1.1.05 RECORDS AND MARKERS, REPOSITORY
FEP related to the retention of records of the content and nature of a repository after closure and also the placing of permanent markers at or near the site.	
Projekt AnSichT	Im Projekt nicht berücksichtigt
NEA-FEP-Nummer	1.1.06 WASTE ALLOCATION (Abfallgebinde)
FEP related to the choices on allocation of wastes to the repository, including waste type(s) and amount(s).	
Projekt AnSichT	Der projektspezifische Bericht zum Endlagerkonzept beinhaltet ein Abfallmengengerüst. Entsprechende FEP sind in der NEA-FEP-Ebene 2 berücksichtigt, FEP 2.1.01.01 Inventar: Radionuklide , 2.1.03.01 Rückholbare Kokillen , 2.1.02.01 Abfallmatrix
NEA-FEP-Nummer	1.1.07 REPOSITORY DESIGN (Endlagerkonzept)
FEP related to the design of the repository including both the safety concept, i.e. the general features of design and how they are expected to lead to a satisfactory performance, and the more detailed engineering specification for excavation, construction and operation.	
Projekt AnSichT	Dem FEP-Katalog liegt ein projektspezifisches Endlagerkonzept zugrunde (siehe Grundlagerberichte).
NEA-FEP-Nummer	1.1.08 QUALITY CONTROL (Qualitätskontrolle)
FEP related to quality assurance and control procedures and tests during the design, construction and operation of the repository, as well as the manufacture of the waste forms, containers and engineered features.	
Projekt AnSichT	Die Bedeutung der Qualitätskontrolle für die Funktion der technischen Barrieren werden z. B. in den FEP 2.1.03.01 Rückholbare Kokillen , 2.1.05.02 Untere Schachtverschlüsse , 2.1.05.04 Streckenverschlüsse , 2.1.05.06 Bohrlochverschlüsse berücksichtigt.

NEA-FEP-Nummer	1.1.09 SCHEDULE AND PLANNING (Planung)
FEP related to the sequence of events and activities occurring during repository excavation, construction, waste emplacement and sealing.	
Projekt AnSichT	Nicht im Projekt AnSichT berücksichtigt.
NEA-FEP-Nummer	1.1.10 ADMINISTRATIVE CONTROL, REPOSITORY SITE
FEP related to measures to control events at or around the repository site both during the operational period and after closure.	
Projekt AnSichT	Für die Zeiträume vor und nach Verschluss des Endlagers werden mögliche Beweissicherungsmaßnahmen so angelegt, dass sie keinen Einfluss auf das Endlagersystem haben, daher nicht im FEP-Katalog berücksichtigt.
NEA-FEP-Nummer	1.1.11 MONITORING OF REPOSITORY (Monitoring)
FEPs related to any monitoring that is carried out during operations or following closure of sections of, or the total, repository. This includes monitoring for operational safety and also monitoring of parameters related to the long-term safety and performance.	
Projekt AnSichT	Konzept zum Monitoring des Endlagers war nicht Teil des Projektes AnSichT.
NEA-FEP-Nummer	1.1.12 ACCIDENTS AND UNPLANNED EVENTS (Zwischenfälle)
FEPs related to accidents and unplanned events during excavation, construction, waste emplacement and closure which might have an impact on long-term performance or safety.	
Projekt AnSichT	FEP-Nummer / FEP-Bezeichnung 1.1.12.01 Sicherheitsrelevante, unplanmäßige Ereignisse in der Betriebsphase 1.1.12.02 Kokillensticking
NEA-FEP-Nummer	1.1.13 RETRIEVABILITY (Rückholbarkeit)
FEPs related to any special design, emplacement, operational or administrative measures that might be applied or considered in order to enable or ease retrieval of wastes.	
Projekt AnSichT	Eine Rückholung der Abfälle ist gemäß den Sicherheitsanforderungen nur während der Betriebsphase vorgesehen. Auswirkungen auf das Einlagerungskonzept durch die geforderte Rückholbarkeit und zeitlich begrenzte Bergung werden in den FEP 2.1.03.01 Rückholbare Kokillen , 2.1.04.02 Sandverfüllung und 2.1.06.03 Innenliner berücksichtigt.

NEA-FEP-Kategorie	1.2 GEOLOGICAL PROCESSES AND EFFECTS
Processes arising from the wider geological setting and long-term processes.	
NEA-FEP-Nummer	1.2.01 TECTONIC MOVEMENTS AND OROGENY (Tektonik / Orogenese)
Tectonic movements are movements of rock masses as a result of movements of the Earth's crustal plates; regionally the surface rocks respond to the underlying movements of plates. Orogeny is the process or period of mountain-building, often occurring over periods of hundreds of millions of years.	
Projekt AnSichT	FEP-Nummer / FEP-Bezeichnung 1.2.01.01 Orogenese 1.2.01.02 Vertikale Bewegungen der Erdkruste
NEA-FEP-Nummer	1.2.02 DEFORMATION, ELASTIC, PLASTIC OR BRITTLE
FEPs related to the physical deformation of geological structures in response to geological forces. This includes faulting, fracturing, extrusion and compression of rocks.	
Projekt AnSichT	FEP-Nummer / FEP-Bezeichnung 1.2.02.01 Krustendeformation 1.2.02.02 Grabenbildung
NEA-FEP-Nummer	1.2.03 SEISMICITY
FEP related to seismic events and also the potential for seismic events. A seismic event is caused by rapid relative movements within the Earth's crust usually along existing faults or geological interfaces. The accompanying release of energy may result in ground movement and/or rupture, e.g. earthquakes.	
Projekt AnSichT	FEP-Nummer / FEP-Bezeichnung 1.2.03.01 Erdbeben

NEA-FEP-Nummer	1.2.04 VOLCANIC AND MAGMATIC ACTIVITIES
Magma is molten, mobile rock material, generated below the Earth's crust, which gives rise to igneous rocks when solidified. Magmatic activity occurs when there is intrusion of magma into the crust. A volcano is a vent or fissure in the Earth's surface through which molten or part-molten materials (lava) may flow, and ash and hot gases be expelled.	
Projekt AnSichT	FEP-Nummer / FEP-Bezeichnung 1.2.04.01 Magmatismus und hydrothermale Aktivitäten

NEA-FEP-Nummer	1.2.05 METAMORPHISMS
The processes by which rocks are changed by the action of heat ($T > 200\text{ C}$) and pressure at great depths (usually several kilometers) beneath the Earth's surface or in the vicinity of magmatic activity.	
Projekt AnSichT	FEP-Nummer / FEP-Bezeichnung 1.2.05.01 Gesteinsmetamorphose
NEA-FEP-Nummer	1.2.06 HYDROTHERMAL ACTIVITY
FEP associated with high temperature groundwater, including processes such as density-driven groundwater flow and hydrothermal alteration of minerals in the rocks through which the high temperature groundwater flows.	
Projekt AnSichT	FEP-Nummer / FEP-Bezeichnung Die Inhalte werden im FEP 1.2.04.01 Magmatismus und hydrothermale Aktivitäten behandelt
NEA-FEP-Nummer	1.2.07 EROSION AND SEDIMENTATION
FEP related to the large scale (geological) removal and accumulation of rocks and sediments, with associated changes in topography and geological/hydrogeological conditions of the repository host rock.	
Projekt AnSichT	FEP-Nummer / FEP-Bezeichnung 1.2.07.01 Erosion 1.2.07.02 Sedimentation

NEA-FEP-Nummer	1.2.08 DIAGENESIS
The processes by which deposited sediments at or near the Earth's surface are formed into rocks by compaction, cementation and crystallization, i.e. under conditions of temperature and pressure normal to the upper few kilometers of the earth's crust.	
Projekt AnSichT	FEP-Nummer / FEP-Bezeichnung 1.2.08.01 Diagenese

NEA-FEP-Nummer	1.2.09 SALT DIAPIRISM AND DISSOLUTION
The large scale evolution of salt formations. Diapirism is the lateral or vertical intrusion or upwelling of either buoyant or non-buoyant rock, into overlying strata (the overburden) from a source layer. Dissolution of the salt may occur where the evolving salt formation is in contact with groundwater with salt content below saturation.	
Projekt AnSichT	FEP-Nummer / FEP-Bezeichnung 1.2.09.01 Halokinese

NEA-FEP-Nummer	1.2.10 HYDROLOGICAL / HYDROGEOLOGICAL RESPONSE TO GEOLOGICAL CHANGES
FEP arising from large-scale geological changes. These could include changes of hydrological boundary conditions due to effects of erosion on topography, and changes of hydraulic properties of geological units due to changes in rock stress or fault movements.	
Projekt AnSichT	Die Wechselwirkungen zwischen den geologischen und hydrogeologischen FEP werden über die im FEP-Katalog ausgewiesenen Abhängigkeiten abgebildet

NEA-FEP-Kategorie	1.3 CLIMATIC PROCESSES AND EFFECTS
Processes related to global climate change and consequent regional effects.	
NEA-FEP-Nummer	1.3.01 CLIMATE CHANGE, GLOBAL
FEP related to the possible future, and evidence for past, long term change of global climate. This is distinct from resulting changes that may occur at specific locations according to their regional setting and also climate fluctuations, c.f. FEP 1.3.02.	
Projekt AnSichT	FEP-Nummer / FEP-Bezeichnung 1.3.01.01 Globale klimatische Veränderungen
NEA-FEP-Nummer	1.3.02 CLIMATE CHANGE, REGIONAL AND LOCAL
FEP related to the possible future changes, and evidence for past changes, of climate at a repository site. This is likely to occur in response to global climate change, but the changes will be specific to situation, and may include shorter term fluctuations, c.f. FEP 1.3.01.	
Projekt AnSichT	FEP-Nummer / FEP-Bezeichnung Im Projekt AnSichT sind die Inhalte nach Möglichkeit im FEP 1.3.01.01 <i>Globale klimatische Veränderungen</i> berücksichtigt.
NEA-FEP-Nummer	1.3.03 SEA LEVEL CHANGE
FEP related to changes in sea level which may occur as a result of global (eustatic) change and regional geological change, e.g. isostatic movements.	
Projekt AnSichT	FEP-Nummer / FEP-Bezeichnung 1.3.03.01 Transgression oder Regression

NEA-FEP-Nummer	1.3.04 PERIGLACIAL EFFECTS
FEPs related to the physical processes and associated landforms in cold but ice-sheet-free environments.	
Projekt AnSichT	FEP-Nummer / FEP-Bezeichnung 1.3.04.01 Permafrost
NEA-FEP-Nummer	1.3.05 GLACIAL AND ICE EFFECTS, LOCAL
FEP related to the effects of glaciers and ice sheets within the region of a repository, e.g. changes in the geomorphology, erosion, melt water and hydraulic effects. This is distinct from the effect of large ice masses on global and regional climate, c.f. FEP 1.3.01, 1.3.02.	
Projekt AnSichT	FEP-Nummer / FEP-Bezeichnung 1.3.05.02 Inlandvereisung 1.3.05.03 Glaziale Rinnenbildung
NEA-FEP-Nummer	1.3.06 WARM CLIMATE EFFECTS (TROPICAL AND DESERT)
FEP related to warm tropical and desert climates, including seasonal effects, and meteorological and geomorphological effects special to these climates.	
Projekt AnSichT	Die Auswirkungen klimatischer Veränderungen werden im FEP 1.3.01.01 Globale klimatische Veränderungen behandelt.
NEA-FEP-Nummer	1.3.07 HYDROLOGICAL/HYDROGEOLOGICAL RESPONSE TO CLIMATE CHANGES
FEP related to changes in hydrology and hydrogeology, e.g. recharge, sediment load and seasonality, in response to climate change in a region.	
Projekt AnSichT	Die Wechselwirkungen zwischen den hydrogeologischen und den klimatischen FEP werden über die im FEP-Katalog ausgewiesenen Abhängigkeiten abgebildet.

NEA-FEP-Nummer	1.3.08 ECOLOGICAL RESPONSE TO CLIMATE CHANGES
FEP related to changes in ecology, e.g. vegetation, plant and animal populations, in response to climate change in a region.	
Projekt AnSichT	Die Prozesse in der Biosphäre sind nicht Gegenstand des FEP-Kataloges.
NEA-FEP-Nummer	1.3.09 HUMAN RESPONSE TO CLIMATE CHANGES
FEP related to changes in human behaviour, e.g. habits, diet, size of communities, in response to climate change in a region	
Projekt AnSichT	Zukünftige menschliche Handlungsweisen sind nicht Gegenstand des FEP-Kataloges.

NEA-FEP-Kategorie	1.4 FUTURE HUMAN ACTIONS (ACTIVE)
Human actions and regional practices, in the post-closure period, that can potentially affect the performance of the engineered and/or geological barriers, e.g. intrusive actions, but not the passive behaviour and habits of the local population.	
Projekt AnSichT	Zukünftige menschliche Handlungsweisen sind im Projekt AnSichT nicht Gegenstand des FEP-Kataloges.

NEA-FEP-Kategorie	1.5 OTHER
A “catch-all” for any external factor not accommodated in 1.1 to 1.4, e.g. meteorite impact.	
NEA-FEP-Nummer	1.5.01 Meteorite impact
The possibility of a large meteorite impact occurring at or close to the repository site and related consequences.	
Projekt AnSichT	FEP-Nummer / FEP-Bezeichnung 1.5.01.01 Meteoriteneinschlag
NEA-FEP-Nummer	1.5.02 SPECIES EVOLUTION
FEPs related to the biological evolution of humans, other animal or plant species, by both natural selection and selective breeding/culturing.	
Projekt AnSichT	Die Prozesse in der Biosphäre sind im Projekt AnSichT nicht Gegenstand des FEP-Kataloges.

NEA-FEP-Nummer	1.5.03 MISCELLANEOUS AND FEPS OF UNCERTAIN RELEVANCE
FEPs that cannot be mapped anywhere else on the International FEP List also FEPs which have been identified, but no connection made to possible effects on repository performance.	
Projekt AnSichT	FEP-Nummer / FEP-Bezeichnung 1.5.03.01 Wegsamkeiten in Erkundungsbohrungen

NEA-FEP-Ebene	2 DISPOSAL SYSTEM DOMAIN: ENVIRONMENTAL FACTORS
Features and processes occurring within that spatial and temporal (postclosure) domain whose principal effect is to determine the evolution of the physical, chemical, biological and human conditions of the domain that are relevant to estimating the release and migration of radionuclides and consequent exposure to man.	
NEA-FEP-Kategorie	2.1 WASTES AND ENGINEERED FEATURES
Features and processes within the waste and engineered components of the disposal system.	
NEA-FEP-Nummer	2.1.01 INVENTORY, RADIONUCLIDE AND OTHER MATERIAL
FEPs related to the total content of the repository of a given type of material, substance, element, individual radionuclides, total radioactivity or inventory of toxic substances.	
Projekt AnSichT	FEP-Nummer / FEP-Bezeichnung 2.1.01.01 Inventar: Radionuklide 2.1.01.02 Inventar: Metalle 2.1.01.03 Inventar: Organika 2.1.01.04 Inventar: Sonstige Stoffe
NEA-FEP-Nummer	2.1.02 WASTE FORM MATERIALS AND CHARACTERISTICS
FEPs related to the physical, chemical, biological characteristics of the waste form at the time of disposal and also as they may evolve in the repository, including FEPs which are relevant specifically as waste degradation processes.	
Projekt AnSichT	FEP-Nummer / FEP-Bezeichnung 2.1.02.01 Abfallmatrix

NEA-FEP-Nummer	2.1.03 CONTAINER MATERIALS AND CHARACTERISTICS
FEPs related to the physical, chemical, biological characteristics of the container at the time of disposal and also as they may evolve in the repository, including FEPs which are relevant specifically as container degradation/failure processes.	
Projekt AnSichT	FEP-Nummer / FEP-Bezeichnung 2.1.03.01 Rückholbare Kokillen
NEA-FEP-Nummer	2.1.04 BUFFER/BACKFILL MATERIALS AND CHARACTERISTICS
FEPs related to the physical, chemical, biological characteristics of the buffer and/or backfill at the time of disposal and also as they may evolve in the repository, including FEPs which are relevant specifically as buffer/backfill degradation processes.	
Projekt AnSichT	FEP-Nummer / FEP-Bezeichnung 2.1.04.01 Versatz 2.1.04.02 Sandverfüllung Weitere Materialeigenschaften sind Inhalt vom FEP 2.1.05.05 Verschlussmaterial . Mögliche Veränderungen der Eigenschaften werden durch die im FEP-Katalog ausgewiesenen Abhängigkeiten dargestellt z. B. FEP 2.1.05.08 Alteration von Versatz , 2.1.09.09 Alteration von sonstigen Mineralen und 2.1.09.08 Alteration von Tonmineralen .

NEA-FEP-Nummer	2.1.05 SEALS, CAVERN/TUNNEL/SHAFT (technischer Verschluss)
FEPs related to the design, physical, chemical, hydraulic etc. characteristics of the cavern/tunnel/shaft seals at the time of sealing and also as they may evolve in the repository, including FEPs which are relevant specifically as cavern/tunnel/shaft seal degradation processes.	
Projekt AnSichT	FEP-Nummer / FEP-Bezeichnung 2.1.05.01 Verschlussmaterial 2.1.05.02 Untere Schachtverschlüsse 2.1.05.03 Obere Schachtverschlüsse 2.1.05.04 Streckenverschlüsse 2.1.05.05 Buffer 2.1.05.06 Bohrlochverschlüsse 2.1.05.07 Alteration von Verschlussbauwerken 2.1.05.08 Alteration von Versatz Mögliche Veränderungen der Eigenschaften und Prozesse, die die Funktion der Verschlussbauwerke beeinflussen werden durch die im FEP-Katalog ausgewiesenen Abhängigkeiten dargestellt.

NEA-FEP-Nummer	2.1.06 OTHER ENGINEERED FEATURES MATERIALS AND CHARACTERISTICS
FEPs related to the physical, chemical, biological characteristics of the engineered features (other than containers, buffer/backfill, and seals) at the time of disposal and also as they may evolve in the repository, including FEPs which are relevant specifically as degradation processes acting on the engineered features.	
Projekt AnSichT	FEP-Nummer / FEP-Bezeichnung 2.1.06.01 Technische Einrichtungen und deren Eigenschaften 2.1.06.02 Streckenausbau 2.1.06.03 Innenliner Mögliche Veränderungen der Eigenschaften werden durch die im FEP-Katalog ausgewiesenen Abhängigkeiten z. B. durch die FEP 2.1.09.03 Metallkorrosion , 2.1.09.07 Materialversprödung durch Wasserstoffaufnahme oder 2.1.09.06 Korrosion von Materialien mit Zementphasen . Abgebildet.

NEA-FEP-Nummer	2.1.07 MECHANICAL PROCESSES AND CONDITIONS (in wastes and EBS)
FEPs related to the mechanical processes that affect the wastes, containers, seals and other engineered features, and the overall mechanical evolution of near field with time. This includes the effects of hydraulic and mechanical loads imposed on wastes, containers and repository components by the surrounding geology.	
Projekt AnSichT	FEP-Nummer / FEP-Bezeichnung 2.1.07.01 Konvergenz 2.1.07.02 Fluiddruck 2.1.07.03 Versatzkompaktion 2.1.07.04 Nicht thermisch induzierte Volumenänderung von Materialien 2.1.07.05 Lageverschiebung von Schachtverschlusselementen Die Auswirkungen auf die Barrieren im Endlagersystem werden durch die im FEP-Katalog ausgewiesenen Abhängigkeiten dargestellt.

NEA-FEP-Nummer	2.1.08 HYDRAULIC/HYDROGEOLOGICAL PROCESSES AND CONDITIONS (in wastes and EBS)
FEPs related to the hydraulic/hydrogeological processes that affect the wastes, containers, seals and other engineered features, and the overall hydraulic/hydrogeological evolution of near field with time. This includes the effects of hydraulic/hydrogeological influences on wastes, containers and repository components by the surrounding geology.	
Projekt AnSichT	FEP-Nummer / FEP-Bezeichnung 2.1.08.01 Lösungsmengen im Grubenbau 2.1.08.02 Kanalisierung im Versatz 2.1.08.03 Kanalisierung in Dichtelementen 2.1.08.04 Strömungsvorgänge im Grubengebäude 2.1.08.05 Quellen und Schrumpfen von Tonmineralen Die Auswirkungen auf die Barrieren im Endlagersystem werden durch die im FEP-Katalog ausgewiesenen Abhängigkeiten dargestellt.
NEA-FEP-Nummer	2.1.09 CHEMICAL/GEOCHEMICAL PROCESSES AND CONDITIONS (in wastes and EBS)
FEPs related to the chemical/geochemical processes that affect the wastes, containers, seals and other engineered features, and the overall chemical/geochemical evolution of near field with time. This includes the effects of chemical/geochemical influences on wastes, containers and repository components by the surrounding geology.	
Projekt AnSichT	FEP-Nummer / FEP-Bezeichnung 2.1.09.01 Hydrochemische Verhältnisse im Grubenbau 2.1.09.02 Auflösung und Ausfällung 2.1.09.03 Metallkorrosion 2.1.09.04 Korrosion der Brennstoffmatrix 2.1.09.05 Korrosion von Glas 2.1.09.06 Korrosion von Materialien mit Zementphasen 2.1.09.07 Materialversprödung durch Wasserstoffaufnahme 2.1.09.08 Alteration von Tonmineralen 2.1.09.09 Alteration von sonstigen Mineralen

NEA-FEP-Nummer	2.1.10 BIOLOGICAL/BIOCHEMICAL PROCESSES AND CONDITIONS (in wastes and EBS)
FEPs related to the biological/biochemical processes that affect the wastes, containers, seals and other engineered features, and the overall biological/biochemical evolution of near field with time. This includes the effects of biological/biochemical influences on wastes, containers and repository components by the surrounding geology	
Projekt AnSichT	FEP-Nummer / FEP-Bezeichnung 2.1.10.01 Zersetzung von Organika 2.1.10.02 Mikrobielle Prozesse im Grubengebäude

NEA-FEP-Nummer	2.1.11 THERMAL PROCESSES AND CONDITIONS (in wastes and EBS)
FEPs related to the thermal processes that affect the wastes, containers, seals and other engineered features, and the overall thermal evolution of the near field with time. This includes the effects of heat on wastes, containers and repository components from the surrounding geology.	
Projekt AnSichT	FEP-Nummer / FEP-Bezeichnung 2.1.11.01 Thermische Expansion oder Kontraktion 2.1.11.02 Phasenübergänge 2.1.11.03 Wärmebedingte Hebung der Geländeoberfläche 2.1.11.04 Wärmestrom

NEA-FEP-Nummer	2.1.12 GAS SOURCES AND EFFECTS (in wastes and EBS)
FEPs within and around the wastes, containers and engineered features resulting in the generation of gases and their subsequent effects on the repository system.	
Projekt AnSichT	FEP-Nummer / FEP-Bezeichnung 2.1.12.01 Gasbildung 2.1.12.02 Gasmenge im Grubenbau 2.1.12.03 Zündfähige Gasgemische

NEA-FEP-Nummer	2.1.13 RADIATION EFFECTS (in wastes and EBS)
FEPs related to the effects that result from the radiation emitted from the wastes that affect the wastes, containers, seals and other engineered features, and the overall radiogenic evolution of the near field with time.	
Projekt AnSichT	FEP-Nummer / FEP-Bezeichnung 2.1.13.01 Strahlungsinduzierte Aktivierung 2.1.13.02 Materialversprödung durch Strahlung 2.1.13.03 Radiolyse
NEA-FEP-Nummer	2.1.14 NUCLEAR CRITICALITY
FEPs related to the possibility and effects of spontaneous nuclear fission chain reactions within the repository.	
Projekt AnSichT	FEP-Nummer / FEP-Bezeichnung 2.1.14.01 Kritikalität
NEA-FEP-Kategorie	2.2. GEOLOGICAL ENVIRONMENT
The features and processes within this environment including, for example, the hydrogeological, geomechanical and geochemical features and processes, both in pre-emplacement state and as modified by the presence of the repository and other long-term changes.	
NEA-FEP-Nummer	2.2.01 EXCAVATION DISTURBED ZONE, HOST ROCK
FEPs related to the zone of rock around caverns, tunnels, shafts or other underground openings that may be mechanically disturbed during excavation, and the properties and characteristics as they may evolve both before and after repository closure.	
Projekt AnSichT	FEP-Nummer / FEP-Bezeichnung 2.2.01.01 Auflockerungszone und ungesättigte Zone

NEA-FEP-Nummer	2.2.02 HOST ROCK
FEPs related to the properties and characteristics of the rock in which the repository is sited (excluding the rock that may be mechanically disturbed by the excavation) as they may evolve both before and after repository closure.	
Projekt AnSicht	FEP-Nummer / FEP-Bezeichnung 2.2.02.01 Wirtsgestein
NEA-FEP-Nummer	2.2.03 GEOLOGICAL UNITS, OTHER
FEPs related to the properties and characteristics of rocks other than the host rock as they may evolve both before and after repository closure.	
Projekt AnSicht	FEP-Nummer / FEP-Bezeichnung 2.2.03.01 Nebengebirge
NEA-FEP-Nummer	2.2.04 DISCONTINUITIES, LARGE SCALE (in geosphere)
FEPs related to the properties and characteristics of discontinuities in and between the host rock and geological units, including faults, shear zones, intrusive dykes and interfaces between different rock types.	
Projekt AnSicht	FEP-Nummer / FEP-Bezeichnung 2.2.04.01 Störungen und Klüfte in der Geosphäre
NEA-FEP-Nummer	2.2.05 CONTAMINANT TRANSPORT PATH CHARACTERISTICS (in geosphere)
FEPs related to the properties and characteristics of smaller discontinuities and features within the host rock and other geological units that are expected to be the main paths for contaminant transport through the geosphere, as they may evolve both before and after repository closure.	
Projekt AnSicht	Die Charakterisierung von möglichen Transportwegen im Gebirge erfolgt in den FEP 2.2.02.01 Wirtsgestein , 2.2.03.01 Nebengebirge , 2.2.04.01 Störungen und Klüfte in der Geosphäre und 1.5.03.01 Wegsamkeiten in Erkundungsbohrungen .
NEA-FEP-Nummer	2.2.06 MECHANICAL PROCESSES AND CONDITIONS (in geosphere)
FEPs related to the mechanical processes that affect the host rock and other rock units, and the overall evolution of conditions with time. This includes the effects of changes in condition, e.g. rock stress, due to the excavation, construction and long-term presence of the repository.	
Projekt AnSicht	FEP-Nummer / FEP-Bezeichnung 2.2.06.01 Spannungsänderung und Spannungsumlagerung

NEA-FEP-Nummer	2.2.07 HYDRAULIC/HYDROGEOLOGICAL PROCESSES AND CONDITIONS (in geosphere)
FEPs related to the hydraulic and hydrogeological processes that affect the host rock and other rock units, and the overall evolution of conditions with time. This includes the effects of changes in condition, e.g. hydraulic head, due to the excavation, construction and long-term presence of the repository.	
Projekt AnSichT	FEP-Nummer / FEP-Bezeichnung 2.2.07.01 Kohlenwasserstoffvorkommen im Wirtsgestein 2.2.07.02 Kohlenwasserstoffvorkommen im Nebengebirge 2.2.07.03 Strömungsvorgänge im Wirtsgestein 2.2.07.04 Grundwasserströmung im Nebengebirge 2.2.07.05 Gasströmung im Nebengebirge
NEA-FEP-Nummer	2.2.08 CHEMICAL/GEOCHEMICAL PROCESSES AND CONDITIONS (in geosphere)
FEPs related to the chemical and geochemical processes that affect the host rock and other rock units, and the overall evolution of conditions with time. This includes the effects of changes in condition, e.g. Eh, pH, due to the excavation, construction and long-term presence of the repository.	
Projekt AnSichT	FEP-Nummer / FEP-Bezeichnung 2.2.08.01 Hydrochemische Verhältnisse im Nebengebirge 2.2.08.02 Hydrochemische Verhältnisse im Wirtsgestein
NEA-FEP-Nummer	2.2.09 BIOLOGICAL/BIOCHEMICAL PROCESSES AND CONDITIONS (in geosphere)
FEPs related to the biological and biochemical processes that affect the host rock and other rock units, and the overall evolution of conditions with time. This includes the effects of changes in condition, e.g. microbe populations, due to the excavation, construction and long-term presence of the repository.	
Projekt AnSichT	FEP-Nummer / FEP-Bezeichnung 2.2.09.01 Mikrobielle Prozesse im Wirtsgestein 2.2.09.02 Mikrobielle Prozesse im Nebengebirge
NEA-FEP-Nummer	2.2.10 THERMAL PROCESSES AND CONDITIONS (in geosphere)
FEPs related to the thermal processes that affect the host rock and other rock units, and the overall evolution of conditions with time. This includes the effects of changes in condition, e.g. temperature, due to the excavation, construction and long-term presence of the repository.	
Projekt AnSichT	FEP-Nummer / FEP-Bezeichnung 2.2.10.01 Gas-Fracs im Wirtsgestein 2.2.10.02 Thermochemische Sulfatreduktion

NEA-FEP-Nummer	2.2.11 GAS SOURCES AND EFFECTS (in geosphere)
FEPs related to natural gas sources and production of gas within the geosphere and also the effect of natural and repository produced gas on the geosphere, including the transport of bulk gases and the overall evolution of conditions with time.	
Projekt AnSichT	Mögliche natürliche Quellen von Gas werden in den FEP 2.2.07.01 Kohlenwasserstoffvorkommen im Wirtsgestein , 2.2.07.02 Kohlenwasserstoffvorkommen im Nebengebirge und 2.2.10.02 Thermochemische Sulfatreduktion behandelt. Effekte im Zusammenhang mit der Gasbildung sind Inhalt des FEP 2.2.10.01 Gas-Fracs im Wirtsgestein sowie Ergebnis der ausgewiesenen Abhängigkeiten im FEP-Katalog.
NEA-FEP-Nummer	2.2.12 UNDETECTED FEATURES (in geosphere)
FEPs related to natural or man-made features within the geology that may not be detected during the site investigation.	
Projekt AnSichT	Die Berücksichtigung unerkannter Merkmale durch eine falsche geologische Interpretation von geologischen Erkundungsergebnissen erfolgt nicht im FEP-Katalog sondern im Rahmen der Szenarienentwicklung.
NEA-FEP-Nummer	2.2.13 GEOLOGICAL RESOURCES
FEPs related to natural resources within the geosphere, particularly those that might encourage investigation or excavation at or near the repository site.	
Projekt AnSichT	Im Projekt AnSichT wurde das Vorkommen nichtmineralischer Rohstoffe im FEP 2.2.07.01 Kohlenwasserstoffvorkommen im Wirtsgestein und 2.2.07.01 Kohlenwasserstoffvorkommen im Nebengebirge behandelt.
NEA-FEP-Kategorie	2.3. SURFACE ENVIRONMENT
The features and processes within the surface environment, including near-surface aquifers and unconsolidated sediments but excluding human activities and behaviour, see 1.4 and 2.4.	
NEA-FEP-Nummer	2.3.01 TOPOGRAPHY AND MORPHOLOGY
FEPs related to the relief and shape of the surface environment and its evolution.	
Projekt AnSichT	FEP-Nummer / FEP-Bezeichnung 2.3.01.01 Topographie

NEA-FEP-Nummer	2.3.02 SOIL AND SEDIMENT
FEPs related to the characteristics of the soils and sediments and their evolution.	
Projekt AnSichT	Der Boden und die Sedimente an der Erdoberfläche werden im Projekt AnSichT nicht berücksichtigt.
NEA-FEP-Nummer	2.3.03 AQUIFERS AND WATER-BEARING FEATURES, NEAR SURFACE
FEPs related to the characteristics of aquifers and water-bearing features within a few metres of the land surface and their evolution.	
Projekt AnSichT	Wird in den FEP 2.2.07.04 Grundwasserströmung im Nebengebirge und 2.2.03.01 Nebengebirge mit behandelt.
NEA-FEP-Nummer	2.3.04 LAKES, RIVERS, STREAMS AND SPRINGS
FEPs related to the characteristics of terrestrial surface water bodies and their evolution.	
Projekt AnSichT	FEP-Nummer / FEP-Bezeichnung 2.3.04.01 Oberflächengewässer
NEA-FEP-Nummer	2.3.05 COASTAL FEATURES
FEPs related to the characteristics of coasts and the near shore, and their evolution. Coastal features include headlands, bays, beaches, spits, cliffs and estuaries.	
Projekt AnSichT	Die Auswirkungen eines möglichen Meeresspiegelanstieges und einer daraus resultierenden Verlagerung der Küstenlinien ist im FEP 1.3.03.01 Transgression oder Regression behandelt.
NEA-FEP-Nummer	2.3.06 MARINE FEATURES
FEPs related to the characteristics of seas and oceans, including the sea bed, and their evolution. Marine features include oceans, ocean trenches, shallow seas, and inland seas.	
Projekt AnSichT	Auswirkungen die aus der Überlagerung des Endlagerstandortes durch einen großen Wasserkörper resultieren werden in den FEP 1.3.03.01 Transgression oder Regression und 2.3.04.01 Oberflächengewässer behandelt.

NEA-FEP-Nummer	2.3.07 ATMOSPHERE
FEPs related to the characteristics of the atmosphere, including capacity for transport, and their evolution.	
Projekt AnSichT	Die Auswirkungen von innerhalb der Atmosphäre ablaufenden Vorgängen werden im FEP 1.3.01.01 Globale klimatische Veränderungen behandelt.
NEA-FEP-Nummer	2.3.08 VEGETATION
FEPs related to the characteristics of terrestrial and aquatic vegetation both as individual plants and in mass, and their evolution.	
Projekt AnSichT	Die Prozesse in der Biosphäre sind nicht Gegenstand des FEP-Kataloges.
NEA-FEP-Nummer	2.3.09 ANIMAL POPULATIONS
FEPs related to the characteristics of the terrestrial and aquatic animals both as individual animals and as populations, and their evolution.	
Projekt AnSichT	Die Prozesse in der Biosphäre sind nicht Gegenstand des FEP-Kataloges.
NEA-FEP-Nummer	2.3.10 METEOROLOGY
FEP related to the characteristics of weather and climate, and their evolution.	
Projekt AnSichT	Die Auswirkungen von innerhalb der Atmosphäre ablaufenden Vorgängen werden im FEP 1.3.01.01 Globale klimatische Veränderungen behandelt.
NEA-FEP-Nummer	2.3.11 HYDROLOGICAL REGIME AND WATER BALANCE (near-surface)
FEPs related to near-surface hydrology at a catchment scale and also soil water balance, and their evolution.	
Projekt AnSichT	Nicht im Projekt AnSichT behandelt.

NEA-FEP-Nummer	2.3.12 EROSION AND DEPOSITION
FEPs related to all the erosional and depositional processes that operate in the surface environment, and their evolution.	
Projekt AnSichT	Die Auswirkungen von relevanten exogenen geologischen Prozessen werden in den FEP 1.2.07.01 Erosion und 1.2.07.02 Sedimentation behandelt.
NEA-FEP-Nummer	2.3.13 ECOLOGICAL/BIOLOGICAL/MICROBIAL SYSTEMS
FEPs related to living organisms and relations between populations of animals, plants and their evolution.	
Projekt AnSichT	Die Prozesse in der Biosphäre sind nicht Gegenstand des FEP-Kataloges.
NEA-FEP-Kategorie	2.4. HUMAN BEHAVIOUR
The habits and characteristics of the individuals or populations, e.g. critical groups, to whom exposures are calculated, not including intrusive or other activities which will have an impact on the performance of the engineered or geological barriers, see 1.4.	
Projekt AnSichT	Nicht im Projekt AnSichT behandelt.

NEA-FEP-Ebene	3 RADIONUCLIDE/CONTAMINANT FACTORS
FEPs that take place in the disposal system domain that directly affect the release and migration of radionuclides and other contaminants, or directly affect the dose to members of a critical group from given concentrations of radiotoxic and chemotoxic species in environmental media.	
NEA-FEP-Kategorie	3.1 CONTAMINANT CHARACTERISTICS
The characteristics of the radiotoxic and chemotoxic species that might be considered in a postclosure safety assessment.	
NEA-FEP-Nummer	3.1.01 RADIOACTIVE DECAY AND IN-GROWTH
Radioactivity is the spontaneous disintegration of an unstable atomic nucleus resulting in the emission of subatomic particles. Radioactive isotopes are known as radionuclides. Where a parent radionuclide decays to a daughter nuclide so that the population of the daughter nuclide increases this is known as in-growth.	
Projekt AnSichT	FEP-Nummer / FEP-Bezeichnung 3.1.01.01 Radioaktiver Zerfall
NEA-FEP-Nummer	3.1.02 CHEMICAL/ORGANIC TOXIN STABILITY
FEPs related to chemical stability of chemotoxic species.	
Projekt AnSichT	Teil der Analyse der hydrochemischen Verhältnisse, z. B. im FEP 2.1.09.01 <i>Hydrochemische Verhältnisse im Grubenbau</i>
NEA-FEP-Nummer	3.1.03 INORGANIC SOLIDS/SOLUTES
FEPs related to the characteristics of inorganic solids/solutes that may be considered.	
Projekt AnSichT	Wird berücksichtigt durch die FEP 2.1.01.02 <i>Inventar: Metalle</i> , 2.1.01.04 <i>Inventar: Sonstige Stoffe</i> , 2.1.02.01 <i>Abfallmatrix</i> .
NEA-FEP-Nummer	3.1.04 VOLATILES AND POTENTIAL FOR VOLATILITY
FEPs related to the characteristics of radiotoxic and chemotoxic species that are volatile or have the potential for volatility in repository or environmental conditions.	
Projekt AnSichT	Wird berücksichtigt durch die FEP 2.1.01.01 <i>Inventar: Radionuklide</i> , 3.2.09.01 <i>Radionuklidtransport in der Gasphase</i> und 2.1.12.01 <i>Gasbildung</i> .

NEA-FEP-Nummer	3.1.05 ORGANICS AND POTENTIAL FOR ORGANIC FORMS
FEPs related to the characteristics of radiotoxic and chemotoxic species that are organic or have the potential to form organics in repository or environmental conditions.	
Projekt AnSichT	Siehe FEP 2.1.01.03 <i>Inventar: Organika</i> und 2.2.07.01 <i>Kohlenwasserstoffvorkommen im Wirtsgestein.</i>
NEA-FEP-Nummer	3.1.06 NOBLE GASES
FEPs related to the characteristics of noble gases.	
Projekt AnSichT	Wird berücksichtigt durch die FEP 2.1.01.01 <i>Inventar: Radionuklide</i> , 3.2.09.01 <i>Radionuklidtransport in der Gasphase</i> und 2.1.12.01 <i>Gasbildung</i> .
NEA-FEP-Kategorie	3.2 CONTAMINANT RELEASE/MIGRATION FACTORS
The processes that directly affect the release and/or migration of radionuclides in the disposal system domain. "Release/Migration Factors" is a sub-category in the International FEP List and is divided into individual FEPs.	
NEA-FEP-Nummer	3.2.01 DISSOLUTION, PRECIPITATION AND CRYSTALLISATION, CONTAMINANT
FEPs related to the dissolution, precipitation and crystallisation of radiotoxic and chemotoxic species under repository or environmental conditions.	
Projekt AnSichT	FEP-Nummer / FEP-Bezeichnung 3.2.01.01 Radionuklid-Mobilisierung
NEA-FEP-Nummer	3.2.02 SPECIATION AND SOLUBILITY, CONTAMINANT
FEPs related to the chemical speciation and solubility of radiotoxic and chemotoxic species in repository or environmental conditions.	
Projekt AnSichT	Wird in den FEP 2.1.09.01 <i>Hydrochemische Verhältnisse im Grubenbau</i> und 2.1.09.02 <i>Auflösung und Ausfällung</i> behandelt.

NEA-FEP-Nummer	3.2.03 SORPTION/DESORPTION PROCESSES, CONTAMINANT
FEPs related to sorption/desorption of radiotoxic and chemotoxic species in repository or environmental conditions.	
Projekt AnSichT	FEP-Nummer / FEP-Bezeichnung 3.2.03.01 Sorption und Desorption
NEA-FEP-Nummer	3.2.04 COLLOIDS, CONTAMINANT INTERACTIONS AND TRANSPORT WITH
FEPs related to the transport of colloids and interaction of radiotoxic and chemotoxic species with colloids in repository or environmental conditions.	
Projekt AnSichT	FEP-Nummer / FEP-Bezeichnung 3.2.04.01 Kolloidbildung, -transport und -filtration
NEA-FEP-Nummer	3.2.05 CHEMICAL/COMPLEXING AGENTS, EFFECTS ON CONTAMINANT SPECIATION/TRANSPORT
FEPs related to the modification of speciation or transport of radiotoxic and chemotoxic species in repository or environmental conditions due to association with chemical and complexing agents.	
Projekt AnSichT	FEP-Nummer / FEP-Bezeichnung 3.2.05.01 Komplexbildung
NEA-FEP-Nummer	3.2.06 MICROBIAL/BIOLOGICAL/PLANT-MEDIATED PROCESSES, CONTAMINANT
FEPs related to the modification of speciation or phase change due to microbial/biological/plant activity.	
Projekt AnSichT	Siehe FEP 2.1.10.02 <i>Mikrobielle Prozesse im Grubengebäude</i>

NEA-FEP-Nummer	3.2.07 WATER-MEDIATED TRANSPORT OF CONTAMINANTS
FEPs related to transport of radiotoxic and chemotoxic species in groundwater and surface water in aqueous phase and as sediments in surface water bodies.	
Projekt AnSichT	FEP-Nummer / FEP-Bezeichnung 3.2.07.01 Radionuklidtransport in der flüssigen Phase 3.2.07.02 Advektion 3.2.07.03 Mechanische Dispersion 3.2.07.04 Diffusion 3.2.07.05 Sonstige Transportprozesse

NEA-FEP-Nummer	3.2.08 SOLID-MEDIATED TRANSPORT OF CONTAMINANTS
FEP related to transport of radiotoxic and chemotoxic species in solid phase, for example large-scale movements of sediments, landslide, solifluction and volcanic activity.	
Projekt AnSichT	Nicht im Projekt AnSichT behandelt.
NEA-FEP-Nummer	3.2.09 GAS-MEDIATED TRANSPORT OF CONTAMINANTS
FEPs related to transport of radiotoxic and chemotoxic species in gas or vapour phase or as fine particulate or aerosol in gas or vapour.	
Projekt AnSichT	FEP-Nummer / FEP-Bezeichnung 3.2.09.01 Radionuklidtransport in der Gasphase
NEA-FEP-Nummer	3.2.10 ATMOSPHERIC TRANSPORT OF CONTAMINANTS
FEPs related to transport of radiotoxic and chemotoxic species in the air as gas, vapour, fine particulate or aerosol.	
Projekt AnSichT	Nicht im Projekt AnSichT behandelt.

NEA-FEP-Nummer	3.2.11 ANIMAL, PLANT AND MICROBE MEDIATED TRANSPORT OF CONTAMINANTS
FEPs related to transport of radiotoxic and chemotoxic species as a result of animal, plant and microbial activity.	
Projekt AnSichT	Nicht im Projekt AnSichT behandelt.
NEA-FEP-Nummer	3.2.12 HUMAN-ACTION-MEDIATED TRANSPORT OF CONTAMINANTS
FEPs related to transport of radiotoxic and chemotoxic species as a direct result of human actions.	
Projekt AnSichT	Nicht im Projekt AnSichT behandelt.
NEA-FEP-Nummer	3.2.13 FOODCHAINS, UPTAKE OF CONTAMINANTS IN
FEPs related to incorporation of radiotoxic and chemotoxic species into plant or animal species that are part of the possible eventual food chain to humans.	
Projekt AnSichT	Nicht im Projekt AnSichT behandelt.
NEA-FEP-Kategorie	3.3 EXPOSURE FACTORS
Processes and conditions that directly affect the dose to members of the critical group, from given concentrations of radionuclides in environmental media.	
Projekt AnSichT	Nicht im Projekt AnSichT behandelt.

B Vergleich zwischen der VSG und der AnSichT FEP-Liste

VSG		AnSichT		Kommentar
FEP-Nr.	FEP-Titel	FEP-Nr.	FEP-Titel	
1. Externe Einflussfaktoren				
1.1 Endlager-Aspekte				
1.1.12.01	Unplanmäßige Ereignisse in der Betriebsphase	1.1.12.01	Sicherheitsrelevante, unplanmäßige Ereignisse in der Betriebsphase	Konkretisierung des Titels
1.1.12.02	Kokillensticking	1.1.12.02	Kokillensticking	
1.2. Geologische Prozesse und Effekte				
1.2.01 Tektonische Bewegungen und Orogenese				
1.2.01.01	Neotektonische Vorgänge	—	—	Entfällt: Inhalte gehen in 2.2.04.01 Störungen und Klüfte in der Geosphäre auf
1.2.01.02	Orogenese	1.2.01.01	Orogenese	
1.2.01.03	Senkung der Erdkruste	1.2.01.02	Vertikale Bewegungen der Erdkruste	Zusammenlegung: beide FEP beschreiben den gleichen Prozess in anderer Ausprägung
1.2.01.04	Hebung der Erdkruste			
1.2.02 Plastische, elastische oder Bruchdeformation				
1.2.02.01	Krustendeformation	1.2.02.01	Krustendeformation	
1.2.02.02	Grabenbildung	1.2.02.02	Grabenbildung	
1.2.03 Seismizität				
1.2.03.01	Erdbeben	1.2.03.01	Erdbeben	
1.2.04 Vulkanismus und magmatische Aktivitäten				
1.2.04.01	Magmatismus	1.2.04.01	Magmatismus und hydrothermale Aktivitäten	Eingegliedert wurde 1.2.06.01 Hydrothermale Aktivität
1.2.05 Metamorphose				
1.2.05.01	Gesteinsmetamorphose	1.2.05.01	Gesteinsmetamorphose	
1.2.06 Hydrothermale Aktivität				
1.2.06.01	Hydrothermale Aktivität	—	—	Entfällt: Inhalte gehen in 1.2.04.01 Magmatismus und hydrothermale Aktivität auf

1.2.07 Erosion und Sedimentation				
1.2.07.01	Erosion	1.2.07.01	Erosion	
1.2.07.02	Sedimentation	1.2.07.02	Sedimentation	
1.2.08 Diagenese				
1.2.08.01	Diagenese	1.2.08.01	Diagenese	
1.2.09 Salzdiapirismus und Lösung				
1.2.09.01	Diapirismus	1.2.09.01	Halokinese	Umbenennung: das Nebengebirge enthält salinare Ablagerungen aber keinen Diapir
1.3 Klimatische Prozesse und Effekte				
1.3.01 Globale Klimaänderungen				
1.3.01.01	Globale klimatische Veränderungen	1.3.01.01	Globale klimatische Veränderungen	
1.3.03 Meeresspiegeländerungen				
1.3.03.01	Transgression oder Regression	1.3.03.01	Transgression oder Regression	
1.3.04 Periglaziale Effekte				
1.3.04.01	Permafrost	1.3.04.01	Permafrost	
1.3.04.02	Bildung kryogener Klüfte	–	–	Entfällt: Beschreibt Prozess in einem Salzstock
1.3.05 Glaziale und Vergletscherungseffekte				
1.3.05.01	Inlandvereisung in randlicher Lage	–	–	Entfällt: Inhalte gehen in 1.3.04.01 Permafrost und 1.3.05.01 Inlandvereisung auf
1.3.05.02	Vollständige Inlandvereisung	1.3.05.02	Inlandvereisung	s. o.
1.3.05.03	Glaziale Rinnenbildung	1.3.05.03	Glaziale Rinnenbildung	
1.5 Andere externe Faktoren				
1.5.01.01	Meteoriteneinschlag	1.5.01.01	Meteoriteneinschlag	
1.5.03 Sonstige FEP				
1.5.03.01	Wegsamkeiten in Erkundungsbohrungen	1.5.03.01	Wegsamkeiten in Erkundungsbohrungen	

VSG		AnSichT		Kommentar
FEP-Nr.	FEP-Titel	FEP-Nr.	FEP-Titel	
2. Endlagersystem: Umwelteinflüsse				
2.1 Abfälle und technische Merkmale				
2.1.01 Inventar				
2.1.01.01	Inventar: Radionuklide	2.1.01.01	Inventar: Radionuklide	
2.1.01.02	Inventar: Metalle	2.1.01.02	Inventar: Metalle	
2.1.01.03	Inventar: Organika	2.1.01.03	Inventar: Organika	
2.1.01.04	Inventar: Sonstige Stoffe	2.1.01.04	Inventar: Sonstige Stoffe	
2.1.02 Abfallform				
2.1.02.01	Abfallmatrix			
2.1.03 Abfallbehälter: Material und Charakteristika				
2.1.03.01	Brennelement-Behälter	2.1.03.01	Rückholbare Kokillen	Zusammenlegung
2.1.03.02	Sonstige Endlagerbehälter			
2.1.04 Versatz-/Verfüllmaterial und Charakteristika				
2.1.04.01	Versatz	2.1.04.01	Versatz	
		2.1.04.02	Sandverfüllung	Neu
2.1.05 Verschlussbauwerke				
2.1.05.01	Verschlussmaterial	2.1.05.01	Verschlussmaterial	
2.1.05.02	Schachtverschlüsse	2.1.05.02	Untere Schachtverschlüsse	Auftrennung in Untere und Obere
		2.1.05.03	Obere Schachtverschlüsse	
2.1.05.03	Streckenverschlüsse	2.1.05.04	Streckenverschlüsse	
		2.1.05.05	Buffer	Neu
		2.1.05.06	Bohrlochverschlüsse	Neu
2.1.05.04	Alteration von Strecken- und Schachtverschlüssen	2.1.05.07	Alteration von Verschlussbauwerken	Neu
		2.1.05.08	Alteration von Versatz	Neu
2.1.05.05	Sonstige Verschlussbauwerke	—	—	Keine sonstigen vorhanden
2.1.06 Andere, technische Merkmale				
2.1.06.01	Technische Einrichtungen und deren Eigenschaften	2.1.06.01	Technische Einrichtungen und deren Eigenschaften	
2.1.06.02	Bohrlochverrohrung	—	—	Inhalte gehen in Innenliner + Technische Einrichtungen auf

2.1.06.03	Ausfall einer Bohrlochverrohrung	–	–	Inhalte wurden auf mehrere FEP aufgeteilt
		2.1.06.02	Streckenausbau	Neu
		2.1.06.03	Innenliner	Neu
2.1.07 Mechanisch/hydraulische Prozesse und Auswirkungen auf technische Einrichtungen				
2.1.07.01	Konvergenz	2.1.07.01	Konvergenz	
2.1.07.02	Fluiddruck	2.1.07.02	Fluiddruck	
2.1.07.03	Salzgruskompaktion	–	–	Nicht vorhanden
		2.1.07.03	Versatzkompaktion	Neu
2.1.07.04	Nicht thermisch induzierte Volumenänderung von Materialien	2.1.07.04	Nicht thermisch induzierte Volumenänderung von Materialien	
2.1.07.05	Vorzeitiges Versagen eines Schachtverschlusses	–	–	Vorzeitiges Versagen wird in Szenarien behandelt nicht als FEP
2.1.07.06	Vorzeitiges Versagen eines Streckenverschlusses	–	–	
2.1.07.07	Lageverschiebung des Schachtverschlusses	2.1.07.05	Lageverschiebung von Schachtverschluss-elementen	Aufteilung des Schachtverschlusses geändert
2.1.07.08	Ausfall eines Dichtpfropfens	–	–	Nicht vorhanden
2.1.08 Hydraulische/hydrogeologische Prozesse und Verhältnisse im Endlager				
2.1.08.01	Porosität	–	–	Gehen als Eigenschaft im jeweiligen Zustand-FEP auf
2.1.08.02	Permeabilität	–	–	
2.1.08.03	Lösungen im Grubenbau	2.1.08.01	Lösungsmengen im Grubenbau	Andere Definition des FEP
2.1.08.04	Kanalisation im Salzgrus	2.1.08.02	Kanalisation im Versatz	Salzgrus wird nicht verwendet
2.1.08.05	Kanalisation in Dichtelementen	2.1.08.03	Kanalisation in Dichtelementen	
2.1.08.06	Lösungszutritt ins Grubengebäude	–	–	Im Tongestein wird kein trockenes Grubengebäude erwartet
2.1.08.07	Strömungsvorgänge im Grubengebäude	2.1.08.04	Strömungsvorgänge im Grubengebäude	
2.1.08.08	Quellen des Bentonits	2.1.08.05	Quellen und Schrumpfen von Tonmineralien	Erweiterte Prozessbetrachtung wegen hoher Relevanz
2.1.09 Chemische/geochemische Prozesse und Verhältnisse im Endlager				
2.1.09.01	Geochemisches Milieu im Grubenbau	2.1.09.01	Hydrochemische Verhältnisse im Grubenbau	Umbenennung

2.1.09.02	Auflösung und Ausfällung	2.1.09.02	Auflösung und Ausfällung	
2.1.09.03	Metallkorrosion	2.1.09.03	Metallkorrosion	
2.1.09.04	Korrosion der Brennstoffmatrix	2.1.09.04	Korrosion der Brennstoffmatrix	
2.1.09.05	Korrosion von Glas	2.1.09.05	Korrosion von Glas	
2.1.09.06	Korrosion von Materialien mit Zement- oder Sorelphasen	2.1.09.06	Korrosion von Materialien mit Zementphasen	Keine Sorelphasen enthalten
2.1.09.07	Materialversprödung durch Wasserstoffaufnahme	2.1.09.07	Materialversprödung durch Wasserstoffaufnahme	
2.1.09.08	Verhalten von graphithaltigen Materialien und Urantails	–	–	
		2.1.09.08	Alteration von Tonmineralen	Neu
		2.1.09.09	Alteration von sonstigen Mineralen	Neu
2.1.10 Biologische/biochemische Prozesse und Verhältnisse im Endlager				
2.1.10.01	Zersetzung von Organika	2.1.10.01	Zersetzung von Organika	
2.1.10.02	Mikrobielle Prozesse im Grubengebäude und im Salzstock	2.1.10.02	Mikrobielle Prozesse im Grubengebäude	
2.1.11 Thermische Prozesse und Verhältnisse im Endlager				
2.1.11.01	Wärmeproduktion	–	–	
2.1.11.02	Thermische Expansion oder Kontraktion	2.1.11.01	Thermische Expansion oder Kontraktion	
2.1.11.03	Verdampfen von Wasser	2.1.11.02	Phasenübergänge	Inhaltlich auf andere Stoffe erweitert
		2.1.11.03	Wärmebedingte Hebung der Geländeoberfläche	Vorher unter 2.2.10.01 behandelt
		2.1.11.04	Wärmestrom	FEP fasst alle wärmebedingten physikalischen Prozesse zusammen
2.1.12 Gasquellen und –effekte im Endlager				
2.1.12.01	Gasbildung	2.1.12.01	Gasbildung	
2.1.12.02	Gasmenge im Grubenbau	2.1.12.02	Gasmenge im Grubenbau	
2.1.12.03	Gaseindringdruck	–	–	Materialeigenschaft von geot. Barrieren
2.1.12.04	Zündfähige Gasgemische	2.1.12.03	Zündfähige Gasgemische	

2.1.13 Strahlungseffekte				
2.1.13.01	Strahlungsinduzierte Aktivierung	2.1.13.01	Strahlungsinduzierte Aktivierung	
2.1.13.02	Materialversprödung durch Strahlung	2.1.13.02	Materialversprödung durch Strahlung	
2.1.13.03	Radiolyse	2.1.13.03	Radiolyse	
2.1.14 Erreichen einer kritischen Ansammlung (Kritikalität)				
2.1.14.01	Kritikalität	2.1.14.01	Kritikalität	
2.2 Geosphäre				
2.2.01 Auflockerungszone				
2.2.01.01	Auflockerungszone	2.2.01.01	Auflockerungszone und ungesättigte Zone	Inhaltlich erweitert
2.2.01.02	Alteration der Auflockerungszone	–	–	
2.2.02 Wirtsgestein				
2.2.02.01	Wirtsgestein	2.2.02.01	Wirtsgestein	
2.2.02.02	Störungen und Klüfte im Wirtsgestein	–	–	Nicht gesondert für Wirtsgestein ausgewiesen, s. 2.2.04.01
2.2.03 Deck- und Nebengebirge				
2.2.03.01	Deck- und Nebengebirge	2.2.03.01	Nebengebirge	
2.2.04 Großmaßstäbliche Störungen in der Geosphäre				
2.2.04.01	Störungen und Störungszonen im Deck- und Nebengebirge	2.2.04.01	Störungen und Klüfte in der Geosphäre	Inhaltlich neu zusammengefasst
2.2.06 Mechanische Prozesse und Verhältnisse in der Geosphäre (incl. bergbauliche Einflüsse)				
2.2.06.01	Spannungsänderung und Spannungsumlagerung	2.2.06.01	Spannungsänderung und Spannungsumlagerung	
2.2.06.02	Selbstversatz	–	–	Nicht relevant bei Streckenausbau
2.2.07 Hydraulische / hydrogeologische Prozesse und Verhältnisse in der Geosphäre				
2.2.07.01	Fluidvorkommen im Wirtsgestein	–	–	Behandelt in 2.2.08.02
2.2.07.02	Kohlenwasserstoffvorkommen im Wirtsgestein	2.2.07.01	Kohlenwasserstoffvorkommen im Wirtsgestein	KW kommen auch im Nebengebirge vor, getrennte Betrachtung aufgrund unterschiedlicher Relevanz
		2.2.07.02	Kohlenwasserstoffvorkommen im Nebengebirge	

		2.2.07.03	Strömungsvorgänge im Wirtsgestein	Strömung im Tongestein ist im Gegensatz zum Salinar möglich
2.2.07.03	Grundwasserströmung im Deck- und Nebengebirge	2.2.07.04	Grundwasserströmung im Nebengebirge	
2.2.07.04	Gasströmung im Deck- und Nebengebirge	2.2.07.05	Gasströmung im Nebengebirge	
2.2.08 Chemische/geochemische Prozesse und Verhältnisse in der Geosphäre				
2.2.08.01	Hydrochemische Verhältnisse im Deck- und Nebengebirge	2.2.08.01	Hydrochemische Verhältnisse im Nebengebirge	
		2.2.08.02	Hydrochemische Verhältnisse im Wirtsgestein	Neu
2.2.09 Biologische/biochemische Prozesse in der Geosphäre				
		2.2.09.01	Mikrobielle Prozesse im Wirtsgestein	Neu
2.2.09.01	Mikrobielle Prozesse im Deck- und Nebengebirge	2.2.09.02	Mikrobielle Prozesse im Nebengebirge	
2.2.10 Thermische Prozesse und Verhältnisse in der Geosphäre				
2.2.10.01	Wärmebedingte Hebung oder Senkung des Deckgebirges	–	–	An anderer Stelle eingeordnet
2.2.10.02	Thermomigration	–	–	Salinar ist nicht Wirtsgestein, im Nebengebirge ist der Abstand zu wärmeentwickelnden zu groß für diese Prozesse
2.2.10.03	Thermische Carnallitzersetzung	–	–	
2.2.10.04	Schmelzen des Salzgesteins	–	–	
2.2.10.05	Thermochemische Sulfatreduktion	2.2.10.02	Thermochemische Sulfatreduktion	
2.2.11 Gasquellen und –effekte in der Geosphäre				
2.2.11.01	Druckgetriebene Infiltration von Fluiden ins Salzgestein	2.2.10.01	Gas-Frac im Wirtsgesteins	Umbenennung
2.3 Oberflächenumgebung				
2.3.01 Topographie und Morphologie				
2.3.01.01	Topographie	2.3.01.01	Topographie	
2.3.04 Aquifere und Gewässer				
2.3.04.01	Oberflächengewässer	2.3.04.01	Oberflächengewässer	

VSG		AnSichT		Kommentar
FEP-Nr.	FEP-Titel	FEP-Nr.	FEP-Titel	
3. Endlagersystem: Radionuklide / Schadstoffe				
3.1 Schadstoff-Merkmale				
3.1.01 Radioaktiver Zerfall				
3.1.01.01	Radioaktiver Zerfall	3.1.01.01	Radioaktiver Zerfall	
3.2 Schadstoff-Freisetzung und –migration				
3.2.01 Lösung, Ausfällung und Kristallisation				
3.2.01.01	Radionuklid-Mobilisierung	3.2.01.01	Radionuklid-Mobilisierung	
3.2.03 Sorption / Desorption				
3.2.03.01	Sorption und Desorption	3.2.03.01	Sorption und Desorption	
3.2.04 Kolloide, Schadstoff-Wechselwirkungen und dadurch ausgelöster Transport				
3.2.04.01	Kolloide	3.2.04.01	Kolloidbildung, -transport und -filtration	Konkretisierung des Titels
3.2.05 Chemische / komplexierende Bestandteile und Effekte auf die Schadstoffe und ihren Transport				
3.2.05.01	Komplexbildung	3.2.05.01	Komplexbildung	
3.2.07 Schadstofftransport im Wasser				
3.2.07.01	Radionuklidtransport in der flüssigen Phase	3.2.07.01	Radionuklidtransport in der flüssigen Phase	
3.2.07.02	Advektion	3.2.07.02	Advektion	
3.2.07.03	Mechanische Dispersion	3.2.07.03	Mechanische Dispersion	
3.2.07.04	Diffusion	3.2.07.04	Diffusion	Wird über Diffusion abgedeckt
3.2.07.05	Matrixdiffusion	–	–	
3.2.07.06	Sonstige Transportprozesse	3.2.07.05	Sonstige Transportprozesse	
3.2.08.01	Hebung oder Absenkung von Endlagerbehältern	–	–	Salinarspezifisch
3.2.09 Schadstofftransport in der Gasphase				
3.2.09.01	Radionuklidtransport in der Gasphase	3.2.09.01	Radionuklidtransport in der Gasphase	

C Kreuztabelle der FEP-Abhängigkeiten

Die Tabelle (Anlage auf CD) enthält alle FEP des Kataloges für Norddeutschland, die Abhängigkeiten zu anderen FEP besitzen. Nicht enthalten sind die FEP, deren Eintrittswahrscheinlichkeit als nicht zu betrachten eingestuft wurde, da diese keine Abhängigkeiten zu anderen FEP aufweisen.

Nachfolgend sind die nicht enthaltenen FEP aufgelistet:

1.1.12.01	Sicherheitsrelevante, unplanmäßige Ereignisse in der Betriebsphase
1.1.12.02	Kokillensticking
1.2.01.01	Orogenese
1.2.02.01	Krustendeformation
1.2.02.02	Grabenbildung
1.2.04.01	Magmatismus und hydrothermale Aktivitäten
1.2.05.01	Gesteinsmetamorphose
1.2.09.01	Halokinese
1.5.01.01	Meteoriteneinschlag
2.1.11.03	Wärmebedingte Hebung der Geländeoberfläche
2.1.12.03	Zündfähige Gasgemische
2.1.14.01	Kritikalität
3.2.07.05	Sonstige Transportprozesse

Die FEP *Wegsamkeiten in Erkundungsbohrungen* (1.5.03.01), *Kanalisation in Dichtelementen* (2.1.08.03) und *Gas-Frac im Wirtsgestein* (2.2.10.01) sind kursiv gedruckt, da sie zu den FEP gehören, deren Eintreten als wenig wahrscheinlich eingestuft ist. Diese FEP werden erst in den Alternativszenarien behandelt.