

**Überprüfung und Bewertung
des Instrumentariums für eine
sicherheitliche Bewertung
von Endlagern für HAW**

ISIBEL

**FEP-Katalog für einen HAW-Standort im
Wirtsgestein Salz**



Überprüfung und Bewertung des Instrumentariums für eine sicherheitliche Bewertung von Endlagern für HAW

ISIBEL

FEP-Katalog für einen HAW-Standort im Wirtsgestein Salz

Dokumentenkenzeichen TEC-11-2008-AB

Rev.	Datum	eigene Nr.	Grund / Beschreibung

	geprüft: <i>Dr. Krone</i> <i>Dr. Weber</i> <i>Dr. Mönig</i>
--	---

582 Seiten / Abschlussbericht TEC-09-2008-AB

April 2008

Vorwort

Im Rahmen des Vorhabens ISIBEL wurde ein Nachweiskonzept für die sicherheitliche Bewertung von Endlagern für hochradioaktive Abfälle in der Wirtsgestein Salz entwickelt und untersucht, inwieweit das Instrumentarium für die Bewertung der Betriebs- und Nachbetriebsphase eines solchen Endlagers vorhanden, bzw. ausreichend ist. Zusätzlich wurde ein FEP-Katalog erarbeitet, in dem alle relevanten FEP zusammengestellt wurden. Die im Zeitraum vom 01.10.2005 bis 31.12.2007 durchgeführten Arbeiten sind in den folgenden Berichten zusammengefasst.

Zusammenfassender Abschlussbericht

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 Peine, April 2008

Einzelberichte der Organisationen

1. Langzeitsicherheitsanalyse für ein HAW-Endlager im Salz – Geologisches Referenzmodell für einen HAW-Endlagerstandort im Salz – Technischer Bericht. Beitrag für das Projekt ISIBEL. BGR, Hannover, Tagebuchnummer 11614/05, Juli 2007
2. Konzeptionelle Endlagerplanung und Zusammenstellung des endzulagernden Inventars. DBE TECHNOLOGY GmbH, Peine, April 2008
3. Bewertung der Betriebssicherheit. DBE TECHNOLOGY GmbH, Peine, April 2008
4. FEP-Generierung und Szenarienentwicklung – Stand November 2006. BGR, Hannover, Tagebuchnummer 10402/08, Februar 2008
5. Nachweis der Integrität der geologischen Barriere. BGR, Hannover, Tagebuchnummer 10403/08, September 2007
6. Nachweiskonzept zur Integrität der einschlusswirksamen technischen Barrieren. DBE TECHNOLOGY GmbH, Peine, April 2008
7. Untersuchungen zur Ermittlung und Bewertung von Freisetzungsszenarien. GRS Braunschweig, Bericht GRS-233, April 2008
8. Nachweiskonzepte für die Einhaltung der nicht radiologischen Schutzziele in der Nachbetriebsphase. DBE TECHNOLOGY GmbH, Peine, April 2008
9. FEP-Katalog für einen HAW-Standort im Wirtsgestein Salz. Version 01. Gemeinsamer Bericht von DBE TECHNOLOGY GmbH, BGR und GRS. Peine, Hannover, Braunschweig, April 2008

**D. Buhmann
J. Mönig
J. Wolf**

**Gesellschaft für Anlagen- und
Reaktorsicherheit (GRS) mbH**

**S. Keller
J. R. Weber**

**Bundesanstalt für Geowissen-
schaften und Rohstoffe (BGR)**

**S. Eberth
M. Kreienmeyer
J. Krone
M. Tholen**

DBE TECHNOLOGY GmbH

Die dieser Studie zugrunde liegenden Arbeiten wurden teilweise im Auftrag des BMWi über den Projektträger Forschungszentrum Karlsruhe, Bereich Wassertechnologie und Entsorgung, (PTKA-WTE) unter den Förderkennzeichen 02 E 10065 und 02 E 10055 durchgeführt. Die Verantwortung für den Inhalt liegt jedoch allein bei den Autoren.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Vorwort	1
Teil A	
Präambel	5
1	
Einleitung	5
2	
Zielsetzung	7
3	
Vorgehensweise und Erfahrungen	9
4	
Festlegungen für den FEP-Katalog	12
5	
Terminologie	14
6	
Struktur der einzelnen FEP-Einträge	15
7	
Glossar	25
8	
Referenzen	27
Teil B	
Zusammenstellung der FEP	28
Teil C	
Vollständigkeit des FEP-Katalogs	543
Teil D	
Beziehungsmatrix	570

Teil A Präambel

1 Einleitung

Ausgediente Brennelemente und andere hochradioaktive Abfälle aus dem Brennstoffkreislauf bei der Kernenergienutzung müssen so verwahrt werden, dass Menschen und Umwelt langfristig und zuverlässig vor schädlichen Auswirkungen dieser Abfälle geschützt werden. Dazu bedarf es einer sicheren und angemessenen Entsorgungsstrategie. Weltweit wird das Konzept einer Endlagerung dieser hochradioaktiven Abfälle in tiefen geologischen Formationen verfolgt, wobei verschiedene Wirtsgesteine wie Ton-, Granit-, Tuff- oder Salzgesteine auf Grund ihrer prinzipiellen Eigenschaften als potenziell geeignet angesehen und intensiv untersucht werden.

Nach der Wahl eines Standortes mit einer günstigen geologischen Gegebenheit und seiner geowissenschaftlichen Charakterisierung ist ein umfassender Langzeitsicherheitsnachweis für das Endlager entsprechend dem vorgesehenen Konzept zu erbringen. Mit Hilfe vielfältiger quantitativer Analysen sowie auf der Basis qualitativer Argumente wird die langfristige Einhaltung der Schutzziele dargelegt und die Sicherheit des Endlagers begründet. Dabei sind neben der jetzigen Situation am Standort und dem Endlagerkonzept vor allem zukünftig mögliche Entwicklungen des Endlagersystems zu berücksichtigen. Ein wesentlicher Bestandteil eines Langzeitsicherheitsnachweises für ein Endlager ist daher die Identifizierung und die anschließende quantitative Analyse und Bewertung von Szenarien, die jeweils eine der möglichen zukünftigen Entwicklungen des Endlagersystems darstellen. Die einzelnen Szenarien werden durch Merkmale, Ereignisse und Prozesse (abgekürzt FEP, abgeleitet von den englischen Bezeichnungen Features, Events und Processes) charakterisiert, die die betrachtete zukünftige Entwicklung des Endlagersystems beeinflussen können.

Wegen der Bedeutung von FEP für die Definition von Szenarien hat auf internationaler Ebene die NEA eine FEP-Datenbank aufgebaut und darauf basierend ein allgemeines Schema für die Klassifizierung eines FEP-Katalogs abgeleitet [6]. Dieses Schema basiert auf Erfahrungen aus verschiedenen Endlagerprojekten mit unterschiedlichen Abfallspezifikationen und Wirtsgesteinstypen auf der ganzen Welt und somit auf dem internationalen Stand von Wissenschaft und Technik. Dieses Klassifizierungsschema kann als Ausgangspunkt für die Erstellung von standortspezifischen FEP-Katalogen genutzt werden. Es kann ferner als Referenz dienen, um die Vollständigkeit der spezifischen FEP-Kataloge aufzuzeigen. Solche standort- oder formationsspezifischen FEP-Kataloge wurden in verschiedenen Ländern erarbeitet, z.B. [5].

Im Rahmen des F&E-Projektes ISIBEL [2], dessen Durchführung mit Mitteln des BMWi gefördert worden ist, wurde erstmals ein FEP-Katalog für die Endlagerung ausgedienter Brennelemente und anderer hochradioaktiver Abfälle (HAW) mit nennenswerter Wärmeentwicklung in einem Salzstock am Beispiel eines Referenzstandortes in der norddeutschen Tiefebene erstellt. Der vorliegende FEP-Katalog ist das Ergebnis einer gemeinsamen Erarbeitung durch Experten von BGR, DBE TECHNOLOGY GmbH und GRS.

Salzgestein unterscheidet sich in einem wesentlichen Aspekt von den übrigen Gesteinen, die als mögliche Wirtsgesteine weltweit untersucht werden. Dieser Unterschied hat auch Auswirkungen auf den FEP-Katalog, insbesondere auf die Struktur der FEP-Beschreibungen. Da es sich bei Salz um ein dichtes Gestein handelt, das nicht durchströmbar ist und in dem Wassereinschlüsse mit einem makroskopisch relevanten Volumen nur sehr vereinzelt anzutreffen sind, kommen die im Salz endgelagerten hochradioaktiven Abfälle nur unter bestimmten Voraussetzungen mit Lösungen in Kontakt. Die Anwesenheit von größeren Lösungsmengen ist aber das zentrale Merkmal, das zu einer Freisetzung von Radionukliden aus den eingelagerten Abfällen und zum Transport dieser Radionuklide in die Biosphäre führen kann. Bei einem Endlager im Salzgestein kann es nur dann zu einem Kontakt mit Lösungen aus dem Deck- und Nebengebirge kommen, wenn eine oder mehrere Barrieren ausgefallen sind. Aufgrund der Standortwahl und der Auslegung des Endlagerbergwerks mit seinen geotechnischen Barrieren ist ein Ausfall der geologischen Barriere oder der geotechnischen Barrieren nur unter bestimmten Randbedingungen zu besorgen. Die Wahrscheinlichkeit solcher Vorgänge ist in der Regel sehr gering. Da diese Vorgänge jedoch nicht auszuschließen sind, müssen sie im Rahmen der Szenarienentwicklung berücksichtigt werden. Für die sicherheitliche Bewertung der Szenarien ist dabei ein detailliertes Verständnis der bedingten Eintrittswahrscheinlichkeit der einzelnen FEP und ihrer Abhängigkeiten und Beeinflussungen notwendig.

Die Inhalte der FEP-Beschreibungen im vorliegenden FEP-Katalog gehen über rein generische, standortunabhängige Betrachtungen deutlich hinaus und gelten für einen Referenzstandort, dessen standortspezifische geowissenschaftliche Merkmale entsprechend der vorhandenen Daten zum Standort Gorleben festgelegt wurden. Die endlagerkonzeptionellen Aspekte sind im Rahmen des Projektes ISIBEL erarbeitet worden und in den entsprechenden Abschlussberichten zu den einzelnen Arbeitspaketen dokumentiert.

Die Autoren sind sich bewusst, dass der FEP-Katalog in seiner jetzigen Form noch nicht als endgültig anzusehen ist und im Laufe der Zeit Erweiterungen, Verbesserungen und Modifikationen erfahren wird. Die Absicht der beteiligten Institutionen bestand in der Erstellung eines reviewfähigen FEP-Katalogs, der einen Ausgangspunkt für eine vertiefte Fachdiskussion in Deutschland bildet, in die zukünftig auch weitere Fachinstitutionen eingebunden sein sollten.

2 Zielsetzung

Ein FEP-Katalog stellt einen wichtigen Baustein für den Sicherheitsnachweis dar. Mit der Zusammenstellung der FEP in einem FEP-Katalog werden mehrere wichtige Ziele verfolgt:

- Der Katalog soll eine wichtige Voraussetzung für eine systematische Szenarientwicklung schaffen. Die Definition von Szenarien, die bezüglich der Langzeitsicherheit untersucht und bewertet werden, erfolgt auf Basis der FEP, die im FEP-Katalog zusammengestellt sind.
- Die Grundlagen der Modellierung der Systemabläufe im Rahmen des Sicherheitsnachweises sollen zusammenfassend dargestellt werden.
- Der Katalog soll einen erheblichen Beitrag zur Transparenz und Nachvollziehbarkeit wichtiger Grundlagen des Nachweisverfahrens für die zuständigen Behörden und die interessierte Öffentlichkeit leisten. Er ist damit auch ein unerlässliches Werkzeug für die Vertrauensbildung in die Sicherheitsaussage.

Bei der Erstellung des vorliegenden FEP-Katalogs standen folgende Aspekte im Vordergrund:

- Die Zusammenstellung aller FEP, die für eine Endlagerung hochradioaktiver Abfälle in einem Salzstock in der norddeutschen Tiefebene als relevant angesehen werden können,
- eine Darstellung der wesentlichen Aspekte zu den Ereignissen und Prozessen, die in einem derartigen Endlagersystem ablaufen können,
- die Verknüpfung der FEP mit den Standortgegebenheiten und endlagerkonzeptionellen Randbedingungen, soweit diese für den Referenzstandort als bekannt vorliegen,
- die Kennzeichnung von FEP, die direkte Einwirkungen auf die Funktion bestimmter einschlusswirksamer Barrieren des Endlagersystems haben können,
- die vollständige Darstellung der direkten, gegenseitigen Abhängigkeiten zwischen einzelnen FEP,
- die Identifizierung wichtiger offener wissenschaftlicher Fragestellungen und
- die Definition von Begriffen, die bei den beteiligten wissenschaftlichen Disziplinen möglicherweise eine unterschiedliche Bedeutung haben können.

Der FEP-Katalog besteht aus vier Teilen. Nach der Präambel (Teil A) umfasst der Hauptteil die einzelnen systematischen FEP-Beschreibungen, die nach FEP-Nummern sortiert aufgeführt sind (Teil B). Im Teil C wird durch Abgleich mit dem allgemeinen FEP-Klassifizierungsschema der NEA gezeigt, dass alle relevanten Einflussfaktoren betrachtet worden sind. Im Teil D ist eine Beziehungsmatrix wiedergegeben, in der die wechselseitigen Abhängigkeiten zwischen den FEP dargestellt sind. Anhand dieser Matrix wurde die Konsistenz der entsprechenden Einträge in den FEP-Beschreibungen geprüft.

Im vorliegenden FEP-Katalog sind keine FEP aufgeführt, die die Vorgänge in der Biosphäre direkt betreffen. Eine Bewertung der unterschiedlichen Transfer- und Transportprozesse für Radionuklide in der Biosphäre ist nur für die heute herrschenden Bedingungen möglich. Eine belastbare Abschätzung für die Zukunft ist aus prinzipiellen Gründen nur für wenige nachfolgende Generationen möglich, da die Ernährungsgewohnheiten zukünftiger Generationen

schwer zu prognostizieren sind. Es wird davon ausgegangen, dass die Abbildung der Prozesse in der Biosphäre analog zur heute geltenden AVV zur StrISchV [1] auch in Zukunft durch entsprechende regulatorische Vorgaben bestimmt wird. Die Kapitel 2.4 und 3.3 des FEP-Klassifizierungsschemas der NEA sind aus diesem Grund nicht Gegenstand des vorliegenden FEP-Kataloges.

3 Vorgehensweise und Erfahrungen

Mit dem vorliegenden FEP-Katalog wurde in Deutschland Neuland betreten. Damit steht zum ersten Mal ein derartiger, systematisch erarbeiteter Katalog für die Endlagerung ausgedienter Brennelemente und anderer hochradioaktiver Abfälle (HAW) in einem Salzstock in der norddeutschen Tiefebene zur Verfügung. Die Struktur des standortspezifischen FEP-Katalogs orientiert sich an der internationalen FEP-Database der NEA und berücksichtigt die Besonderheiten eines Endlagers in einer Salzformation.

Die Identifizierung der einzelnen, in den Katalog aufzunehmenden FEP erfolgte durch die Projektpartner in mehreren Iterationsschritten. Dabei wurden verschiedene methodische Ansätze verfolgt und schließlich zusammengeführt, um so einen Beitrag zur Vollständigkeit des FEP-Katalogs zu leisten.

Ein methodischer Ansatz zielte vorrangig auf eine Identifizierung aller FEP, die im Prinzip einen Einfluss auf geologische Entwicklungen am betrachteten Referenzstandort oder die Geosphäre des Endlagersystems haben können, sowie auf ihre möglichen Folgen für die Mobilisierung der eingelagerten Abfälle. Dieses Vorgehen kann als Bottom-Up-Ansatz bezeichnet werden. Aus der Kombination von FEP, die am Standort eine Rolle spielen, ergeben sich dann die zu betrachtenden Szenarien. Für eine erste FEP-Teilliste wurden zunächst das Nahfeld, die Strecken und Schächte, das Wirtsgestein sowie das Deck- und Nebengebirge separat betrachtet und der zeitliche Verlauf der zukünftigen Entwicklung gemäß charakteristischer Veränderungen der Wärmeleistung des Abfalls sowie der Abfolge von Kalt- und Warmzeiten in Abschnitte unterteilt.

In einem weiteren methodischen Ansatz zur Identifizierung von zu berücksichtigenden FEP wurde von der Frage ausgegangen, ob und wie Lösungen mit den Abfällen in Kontakt treten können. Auf Basis dieses Top-Down-Ansatzes wurden mögliche Szenarien identifiziert, die zu einem Versagen einer oder mehrerer geologischer oder geotechnischer Barrieren führen können. Ausgangspunkt der Überlegung war, dass in Folge solcher Ereignisabläufe Radionuklide aus den Abfällen freigesetzt und möglicherweise bis in die Biosphäre transportiert werden können. Auf Basis dieser Szenarien wurden dann in einem zweiten Schritt alle FEP identifiziert und beschrieben, die bei diesen Szenarien eine Rolle spielen.

Mit beiden methodischen Ansätzen wurden, ausgehend vom allgemeinen FEP-Schema der NEA, zunächst getrennte Listen mit FEP-Beschreibungen erstellt. Diese wurden später zusammengefasst, intensiv beraten und konsolidiert sowie die FEP-Beschreibungen überarbeitet. Der FEP-Katalog wurde in seiner Gesamtheit schließlich in einer mehrtägigen Redaktionssitzung inhaltlich abgestimmt und verabschiedet.

Die Arbeiten am FEP-Katalog im Rahmen des Projektes ISIBEL haben eine Reihe von wichtigen Erfahrungen und Erkenntnissen geliefert:

- Der gewählte Ansatz mit Einbindung von Experten mit sehr unterschiedlichem wissenschaftlichem Hintergrund hat sich bewährt. Die Annäherung in der Sichtweise zwischen

den Beteiligten erfordert ein gewisses Maß an Offenheit und Verständnisbereitschaft auf allen Seiten und ausreichende Zeit für eine intensive Diskussion.

- Die Identifizierung von FEP anhand unterschiedlicher methodischer Ansätze und die nachfolgende Zusammenführung der daraus resultierenden FEP-Listen erfordern zusätzlichen Arbeitsaufwand. Da eine solche Vorgehensweise aber einen wertvollen Beitrag zur Vollständigkeit des FEP-Kataloges leistet, ist der zusätzliche Aufwand gerechtfertigt.
- Bei der Erarbeitung eines FEP-Katalogs spielen unabhängig vom gewählten methodischen Ansatz Expertenmeinungen eine große Rolle. Dies betrifft die Auswahl der einzelnen zu behandelnden FEP, ihre Abgrenzung zueinander wie auch die Art der jeweiligen Darstellungen und der aufgeführten Informationen. Im Verlauf der Bearbeitung des FEP-Katalogs waren entsprechende Entscheidungen zu treffen. Dies geschah auf Basis eines begründeten Entscheidungsprozesses, der inhärent eine subjektive Komponente enthielt, die nicht auf ein beliebig kleines Maß einzugrenzen ist.
- Das Ziel einer vollständigen Darstellung der direkten gegenseitigen Abhängigkeiten der FEP ist nur zu erreichen, wenn an bestimmten Stellen relevante Aspekte sinnvoll zusammengefasst dargestellt werden. Ansonsten erhöhte sich die Anzahl der im FEP-Katalog zu behandelnden FEP unnötig. In diesem Zusammenhang wird auch eine Reihe von FEP-Einträgen, die grundlegende physikalische oder chemische Eigenschaften und Prozesse behandeln, zu denen Darstellungen in entsprechenden Lehrbüchern frei zugänglich sind, nicht berücksichtigt. Beispiele dafür sind die Temperatur und der Druck, die viele Prozesse beeinflussen bzw. von diesen beeinflusst werden. Die Entscheidungen, welche FEP in den Katalog aufgenommen werden, wurden im Einzelfall durch die beteiligten Experten getroffen.
- Im vorliegenden FEP-Katalog sind die Gründe für bestimmte Entscheidungen, die von den Erstellern des FEP-Katalogs getroffen worden sind, nicht dokumentiert. Dies gilt insbesondere für die Begründungen der aufgezeigten aber auch der nicht vorhandenen Abhängigkeiten zwischen den FEP. Die Nachvollziehbarkeit des FEP-Katalogs würde durch eine transparente Darstellung der Entscheidungsgründe deutlich erhöht. Diese sollten daher bei einer zukünftigen Überarbeitung des FEP-Katalogs mit aufgeführt werden.
- Die bei den Beschreibungen der FEP verwendeten Informationen sind zum gegenwärtigen Zeitpunkt teilweise nur in unveröffentlichten Berichten zu finden. Diese Tatsache schränkt die Transparenz des FEP-Kataloges und die Nachvollziehbarkeit der Aussagen für Dritte ein. Diese Defizite müssen in einem späteren Verfahren zum Nachweis der Sicherheit eines Endlagers behoben werden.
- Die einzelnen FEP-Beschreibungen sind mit einer Textverarbeitungssoftware in separaten Dateien erstellt und zuletzt zusammengeführt worden. Recherche- und Abfragemöglichkeiten in den FEP-Einträgen sind damit nur sehr eingeschränkt nutzbar und umständlich. In Zukunft sollten daher die FEP-Beschreibungen datenbankgestützt erfasst werden.

- Der vorliegende FEP-Katalog spiegelt die Sichtweisen und Informationen der beteiligten Institutionen zum Ende des Jahres 2007 wider. Wegen der Komplexität der Materie können Auslassungen sowie Fehler und Ungenauigkeiten nicht ausgeschlossen werden. Diese könnten durch ein externes Review verringert werden.

Dieser FEP-Katalog ist für den Referenzstandort entwickelt worden, dessen standortspezifische, geowissenschaftliche Merkmale entsprechend den vorhandenen Daten zum Standort Gorleben festgelegt worden sind. Der vorliegende FEP-Katalog kann mit einer entsprechenden Überarbeitung an jeden Standort angepasst werden, bei dem die geologische Situation und das vorgesehene Endlagerkonzept ähnlich denen am Referenzstandort sind. Wenn bei einem bestimmten Standort zusätzliche oder grundsätzlich andere Szenarien zu betrachten sind, ist aber eine umfangreichere Überarbeitung des FEP-Katalogs erforderlich.

4 Festlegungen für den FEP-Katalog

Der vorliegende FEP-Katalog nimmt an vielen Stellen Bezug zu den Berichten zur Standortbeschreibung und zum Endlagerkonzept [3], [4], die im Rahmen des Projektes ISIBEL erarbeitet worden sind. Diese Beschreibungen ergänzen daher die Angaben im FEP-Katalog und sind für dessen Vollständigkeit wichtig.

In Anlehnung an das Schema der NEA wurden für den FEP-Katalog folgende Festlegungen getroffen:

NEA-FEP 0.01 **Betrachtete Auswirkungen des Endlagersystems:** Betrachtet werden nur radiologische Auswirkungen des Endlagersystems auf den Menschen. Auswirkungen chemotoxischer Schadstoffe sind nicht Gegenstand dieses FEP-Kataloges. Auswirkungen des Endlagersystems, die durch Ereignisse ausgelöst werden, deren direkte Auswirkungen die des Endlagers bei weitem übertreffen, werden zwar im FEP-Katalog aufgeführt, aber nicht weiter betrachtet (z.B. Einschlag eines großen Meteoriten).

NEA-FEP 0.02 **Betrachteter Zeitraum:** Die Länge des Nachweiszeitraums beträgt eine Million Jahre. Diese Zeitspanne wurde in Anlehnung an die aktuelle Diskussion in Deutschland gewählt. Prozesse, die am Standort des Endlagers erst über einen deutlich längeren Zeitraum wirksam werden, werden auch betrachtet, brauchen jedoch in den weiteren Sicherheitsanalysen nicht berücksichtigt zu werden (z.B. Plattentektonik).

NEA-FEP 0.03 **Betrachtetes Gebiet:** Betrachtet wird der gesamte von Wechselwirkungen mit dem Endlager betroffene Bereich (Endlagersystem).

NEA-FEP 0.04 **Annahmen zum Endlager:** Die Annahmen sind detailliert in den Standortbeschreibungen und im Endlagerkonzept [3], [4] aufgeführt. Es wird davon ausgegangen, dass alle mit dem geplanten Endlager- und Schließungskonzept verknüpften Maßnahmen ordnungsgemäß durchgeführt worden sind.

NEA-FEP 0.05 **Zukünftiges menschliches Handeln:** Die Auswirkungen zukünftiger menschlicher Handlungen sollten im Rahmen eines Langzeitsicherheitsnachweises behandelt werden. Es gibt aber keine wissenschaftliche Grundlage für eine belastbare Prognose der menschlichen Gesellschaft, ihrer Handlungsweisen und ihrer technologischen Fähigkeiten über einen Zeitraum hinaus, der mehr als ein paar Generationen umfasst. Generell werden daher Verhaltensweisen der Gesellschaft und der Stand von Wissenschaft und Technik entsprechend der heutigen Situation unterstellt.

In Bezug auf menschliche Handlungen, die zu einem Eindringen in das Endlager führen, sind nur solche Handlungen zu berücksichtigen, die zu einem unbeabsichtigten Eindringen führen. Die Endlagerung in großen Teufen und die Wahl eines Gebietes, das aus heutiger Sicht keine Ressourcen bietet, sind Maßnahmen, die die Wahrscheinlichkeit einer derartigen Situation reduzieren. Das beabsichtigte Eindringen in das Endlager, das in Kenntnis des Endlagers und seines Gefährdungspotentials erfolgt, liegt in der Verantwortung der handelnden Personen. Es wird davon ausgegangen, dass das Wissen um das Endlager über einen

Zeitraum von 500 Jahren erhalten bleibt und den handelnden Personen zugänglich ist. Mit Ausnahme des Wissenserhalts sind Gegenmaßnahmen gegen das unbeabsichtigte Eindringen nur begrenzt möglich. Da eine belastbare Prognose der menschlichen Gesellschaft und ihrer Handlungen für die Zeit, in der von einem unbeabsichtigten menschlichen Eindringen ausgegangen werden muss, nicht möglich ist, können derartige Handlungen aber nicht im Rahmen der systematischen Szenarienentwicklung mit anschließender quantitativer Konsequenzenanalyse berücksichtigt werden. Vielmehr ist im Rahmen des Langzeitsicherheitsnachweises eine gesonderte Behandlung dieser Thematik erforderlich. Dazu werden bestimmte stilisierte Szenarien auf Basis des heutigen Kenntnisstandes definiert und ihre Auswirkungen, die auf Grund der Verletzung der einschlusswirksamen geologischen Barriere und der Schaffung einer direkten Wegsamkeit vom Endlagernahbereich bis zur Biosphäre erheblich sein können, separat bewertet. Im vorliegenden FEP-Katalog sind die entsprechenden FEP zwar aufgeführt, bei der Beschreibung von Abhängigkeiten für die Szenarienentwicklung aber nicht berücksichtigt.

NEA-FEP 0.06 **Entwicklung von Technologie und Gesellschaft:** Verhaltensweisen der Gesellschaft und der Stand von Wissenschaft und Technik werden entsprechend der heutigen Situation unterstellt, da es keine wissenschaftliche Grundlage für die Voraussage solcher Entwicklungen über einen Zeitraum, der mehr als ein paar Generationen umfasst, gibt.

NEA-FEP 0.07 **Annahmen zu radiologischen Auswirkungen:** In Deutschland erfolgt die Bewertung der radiologischen Auswirkungen anhand deterministisch ermittelter Dosiswerte. Eine Umrechnung in ein damit verbundenes Risiko wird nicht vorgenommen.

NEA-FEP 0.08 **Zielsetzung:** Erstellung eines FEP-Katalogs für ein HAW-Endlager in einem Salzstock in Norddeutschland (Kapitel 2), auf dessen Basis eine sicherheitliche Analyse und Bewertung des Endlagersystems nach Verschluss des Endlagerbergwerks durchgeführt werden kann.

NEA-FEP 0.09 **Regulatorische Vorgaben:** Es gibt derzeit keine regulatorischen Vorgaben, die zu berücksichtigen wären.

NEA-FEP 0.10 **Modelle und Eingangsdaten:** Die Eingangsdaten der Modelle ergeben sich aus den Standortbeschreibungen [3] und dem Endlagerkonzept [4]. Mehrere relevante Eingangsparameter liegen für den Referenzstandort noch nicht vor.

5 Terminologie

Die Diskussion von relevanten FEP für einen gewählten Standort erfordert eine Definition der wichtigsten Begriffe, vor allem wenn keine allgemein anerkannte Festlegung der Begriffe existiert. Fachtermini mit anerkannten Definitionen, die im FEP-Katalog auftauchen und die nach dem Verständnis der beteiligten Institutionen einer Erklärung bedürfen, sind im Glossar (Kapitel 7) beschrieben. Nachfolgend sind einige grundlegende Begriffe wie z.B. Szenario und FEP, aus denen sich die Szenarien aufbauen, definiert.

FEP: Merkmal, Ereignis oder Prozess, die möglicherweise für die Entwicklung des Endlagersystems relevant sein können.

Merkmale (Features): Bedingungen oder Gegebenheiten, die zu einem bestimmten Zeitpunkt ein bestimmtes System oder Teile davon charakterisieren.

Ereignisse (Events): Vorgänge und Veränderungen, die über einen sehr kleinen Zeitraum im Vergleich zum Nachweiszeitraum eintreten, d.h. kurzzeitige Phänomene sind.

Prozesse (Processes): Vorgänge und Veränderungen, die über einen nennenswerten Zeitraum im Vergleich zum Nachweiszeitraum ablaufen, d.h. lang andauernd sind.

Szenario: Beschreibung einer denkbaren Entwicklung des Endlagersystems, die durch eine bestimmte Kombination von FEP eindeutig festgelegt ist.

Ungestörte Entwicklungen: Erwartete Entwicklungen des Endlagersystems, bei denen die geologischen und geotechnischen Barrieren ihre planmäßige Funktion erfüllen.

Gestörte Entwicklungen: Entwicklungen des Endlagersystems, die Abweichungen von der ungestörten Entwicklung darstellen.

Stilisiertes Szenario: Durch Vorgaben, z.B. regulatorischer Art, festgelegte Entwicklung des Endlagersystems oder eines Teilsystems, bei der die Ereignisabläufe am zu betrachtenden Standort nicht detailliert berücksichtigt werden.

Sicherer Einschluss: Der sichere Einschluss endgelagerter hochradioaktiver Abfälle bedeutet, dass mit Hilfe geologischer und geotechnischer Barrieren die Freisetzung und der Transport von Radionukliden soweit behindert werden, dass im Nachweiszeitraum die vorgegebenen Bewertungskriterien eingehalten werden.

Für den Begriff sicherer Einschluss gibt es bisher keine allgemein anerkannte Definition. Um Verwechslungen mit dem englischen Begriff „isolation“ zu vermeiden, wird im FEP-Katalog auf den Begriff „Isolation“ verzichtet. Als Bewertungskriterien dienen derzeit radiologische Grenzwerte, mit denen die Einhaltung der Schutzziele bewertet wird.

6 Struktur der einzelnen FEP-Einträge

Die Beschreibung der einzelnen FEP erfolgt in strukturierter Form, in der die für die weitere Verwendung der FEP in der Szenariendefinition erforderlichen Informationen sowie die für die Gewährleistung der Verfahrenstransparenz erforderlichen Angaben in übersichtlicher Weise angeordnet sind. Die beiden folgenden Abbildungen zeigen die Eingabemaske für die FEP-Beschreibungen. Die erste Seite der Beschreibungen gibt jeweils einen generellen Überblick zu einem FEP, die zweite und folgende Seite(n) enthalten detaillierte Angaben. Zum besseren Verständnis werden die Inhalte der einzelnen Felder sowie die dort abzulegenden Informationen oder Einträge hier detailliert erläutert.

Neben den bereits erwähnten Nichtberücksichtigungen von FEP (FEP mit Bezug zur Biosphäre sowie Prozesse, die erst nach einem sehr langen, den Nachweiszeitraum deutlich übersteigenden Zeitraum wirksam werden), sind im FEP-Katalog keine FEP aufgeführt, die allgemeine physikalische Größen darstellen. Dies gilt insbesondere für die Temperatur und den Druck, die fast alle physikalischen und chemischen Prozesse beeinflussen, die aber keine besondere Erklärung benötigen. Sind diese Größen für die Beschreibung eines FEP von besonderer Bedeutung, z. B. als auslösendes FEP, werden sie bei den FEP-Beschreibungen entsprechend erwähnt.

<i>FEP-Nr.:</i>	<i>NEA-Nr.:</i> 2	<i>Datum:</i> 3	<i>Revisionsnummer:</i> 4
<i>Status:</i>	5	<i>Bearbeitungsstand:</i>	6
<i>Titel:</i>			7
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i>			8
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung		9	<input type="checkbox"/> abhängig von FEPs 10
<i>Einwirkung auf die Funktion der einschlusswirksamen Barriere:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input type="checkbox"/> nicht zutreffend			11
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i>			12

<i>FEP-Nr.:</i>	1	<i>NEA-Nr.:</i>	2	<i>Datum:</i>	3	<i>Revisionsnummer:</i>	4
<i>Status:</i>	5			<i>Bearbeitungsstand:</i>	6		
Titel:							7
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i>							13
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i>							14
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i>							15
<i>Zeitliche Beschränkung:</i>							16
<u>Abhängigkeiten:</u>						17	
<i>Auslösende FEPs:</i>	18			<i>Beeinflussende FEPs:</i>	19		
<i>Resultierende FEPs:</i>	20			<i>Beeinflusste FEPs:</i>	21		
<u>Handhabung:</u>						22	
<i>Nahfeld.:</i>	23			<i>Strecken und Schächte:</i>	24		
<i>Wirtsgestein:</i>	25			<i>Deck- und Nebengebirge:</i>	26		
<i>Bemerkungen:</i>							27
<i>Literaturquellen:</i>							28
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i>							29

1 FEP-Nr.

Eindeutige Kennzeichnung des FEP anhand eines vierstufigen Klassifizierungsschemas, das sich an dem Schema der NEA orientiert. Folgendes Nummernschema wird angewendet: *a.b.cc.dd*. Dabei repräsentieren die Buchstaben *a*, *b*, *c* und *d* die aufzuführenden Ziffern. Die erste Ebene (*a*) gibt den Katalogabschnitt, die zweite Ebene (*b*) die FEP-Kategorie, die dritte Ebene (*cc*) den FEP-Typ und die vierte Ebene (*dd*) den Untertyp an. Gegenüber dem FEP-Schema der NEA weist der standortspezifische FEP-Katalog für den Referenzstandort Unterschiede auf, die in dem hier verfolgten Endlagerkonzept mit dem Ziel des vollständigen Einschlusses, den Besonderheiten des Wirtsgesteins Salz und spezifischen Eigenschaften des Referenzstandortes begründet liegen. Für bestimmte Kapitel des NEA-Schemas war es daher sinnvoll, sie in dem standortspezifischen Katalog in mehrere FEP aufzuspalten. 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.

Allen FEP-Nummern wird bei zukünftigen Revisionen der Buchstabe „G“ vorangestellt. Diese Kennung wurde bei der NEA angemeldet und ermöglicht, den vorliegenden, nationalen FEP-Katalog direkt in den internationalen FEP-Katalog der NEA bei dessen nächster Überarbeitung einzubinden.

2 NEA-Nr.

In dem FEP-Schema der NEA sind die einzelnen FEP-Einträge mit einer dreigliedrigen Nummer versehen. In dieser Nummer spiegelt sich die Stellung des FEP innerhalb der Systematik des FEP-Schemas der NEA wider. Diese Nummer wird in dem FEP-Katalog für den Referenzstandort in diesem Feld aufgeführt, um den Bezug des betreffenden FEP zur Systematik des FEP-Schemas der NEA transparent zu machen (siehe auch Teil C).

3 Datum

In dieses Feld wird das Datum der letzten Änderung der vorliegenden FEP-Beschreibung eingetragen. In der vorliegenden Fassung (siehe Feld Revisionsnummer) ist bei allen FEP der 31.12.2007 eingetragen.

4 Revisionsnummer

In diesem Feld wird der Name des FEP-Katalogs zusammen mit einer Revisionsnummer eingetragen. In der vorliegenden Fassung wird „1.0“ eingetragen. Bei der Sicherheitsanalyse und allen damit zusammenhängenden Tätigkeiten muss Transparenz angestrebt werden, damit das Ergebnis der Sicherheitsanalyse uneingeschränkt nachvollziehbar ist. Die Angabe einer Revisionsnummer für den vorliegenden FEP-Katalog trägt dazu insofern bei, als sie dem Leser die Gelegenheit gibt, durch das Studium vorhergehender Versionen die im Zuge der Diskussionsprozesse durchlaufenen Änderungen in den FEP-Beschreibungen nachzuvollziehen.

5 Status

Entsprechend der Definition aus Kapitel 5 wird angegeben, ob es sich bei dem FEP um ein Merkmal (Feature), ein Ereignis (Event) oder einen Prozess (Process) handelt.

6 Bearbeitungsstand

Während der Erstellung des FEP-Katalogs haben die einzelnen FEP-Beschreibungen verschiedene Bearbeitungsstadien durchlaufen, angefangen von der Formulierung der ersten Textversion durch den erstellenden Bearbeiter über die Diskussion der FEP-Beschreibung im Kreis der am Katalog beteiligten Institutionen bis hin zur endgültigen und von allen Projektpartnern mitgetragenen FEP-Beschreibung. Der Bearbeitungsstand wurde dabei in diesem Feld wiedergegeben. In der vorliegenden Fassung (siehe Feld Revisionsnummer) gelten alle FEP als abgeschlossen.

7 Titel

Zusätzlich zur FEP-Nummer, mit der jedes FEP eindeutig identifiziert ist, wird für jedes FEP ein möglichst aussagekräftiger Name vergeben.

8 Definition/Kurzbeschreibung

In diesem Feld wird das FEP hinsichtlich seiner Bedeutung im standortspezifischen FEP-Katalog beschrieben und dadurch gegenüber möglicherweise differierenden Bedeutungen in anderen Fachgebieten sowie Mehrdeutigkeiten abgegrenzt.

9 Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit

Klassifizierung der Wahrscheinlichkeit, mit der ein FEP unter der Bedingung eintritt, dass die für sein Eintreten notwendigen Voraussetzungen am Referenzstandort vorliegen, bzw. mit Sicherheit zu erwarten sind. Die bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit eines FEP wird zur Ableitung und Klassifizierung der Eintrittswahrscheinlichkeit der Szenarien benötigt, an denen das FEP beteiligt ist. Es wird unterschieden zwischen

- **wahrscheinlich:** Nach Einschätzung der beteiligten Institutionen ist das Eintreten von FEP dieser Klasse innerhalb des Nachweiszeitraums zu erwarten.
- **wenig wahrscheinlich:** Das Eintreten von FEP dieser Klasse ist nach Einschätzung der beteiligten Institutionen im Nachweiszeitraum nicht gänzlich auszuschließen, allerdings ist die Eintrittswahrscheinlichkeit sehr gering.
- **nicht zu betrachten:** Diese Klasse wird gewählt, wenn am Referenzstandort ein FEP grundsätzlich nicht eintreten kann. Dies trifft zum Beispiel auf das FEP *Hydrothermale Aktivität* zu. Da hydrothermale Aktivitäten an die Zirkulation von Lösungen durch Magmatismus und Tektonik gebunden ist, könnte die bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit für das FEP an anderen Standorten auch wahrscheinlich sein.

- Randbedingung: FEP dieser Klasse beschreiben durch die geologische Situation am Referenzstandort und das Endlagerkonzept gegebene Charakteristika, die sich im Verlauf der Entwicklung des Endlagersystems aber auch verändern können (z.B. *Inventar: Radionuklide*).

Die bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit ist im FEP-Katalog als qualitative Aussage gedacht und beinhaltet keine quantitativen Angaben. Es gilt allerdings, dass bei Ereignisabläufen (Kausalketten) im Endlagersystem, bei denen eine Reihe von FEP aufeinander aufbauend ablaufen, die Wahrscheinlichkeit für das Eintreten des gesamten Ereignisablaufs nicht größer ist als die bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit des FEP mit der geringsten bedingten Eintrittswahrscheinlichkeit in der Ereigniskette.

10 Abhängig von FEPs

Das Ankreuzfeld zeigt an, ob das Eintreten oder die Ausprägung des vorliegenden FEP von einem oder mehreren FEP abhängig ist. Berücksichtigt werden nur direkte Abhängigkeiten von anderen FEP aus dem vorliegenden FEP-Katalog. Nähere Angaben zu den Abhängigkeiten erfolgen in den Feldern 17 - 21.

11 Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren

Die Ankreuzfelder zeigen die Art der möglichen Einwirkung des FEP auf die Funktion einer oder mehrerer einschlusswirksamer Barrieren an, die zu einer Beeinträchtigung der Funktion führen können. Positive Einwirkungen werden dementsprechend nicht berücksichtigt.

In diesem Zusammenhang werden die folgenden einschlusswirksamen Barrieren betrachtet: Wirtsgestein, Verschlussbauwerke (Schachtverschluss, Streckenverschlüsse) und Behälter. Diese Barrieren dienen primär dazu, den Kontakt von wässrigen Lösungen mit den eingelagerten Abfällen zu verhindern. Darüber hinaus dienen sie dazu, nach einem Zutritt von Lösungen und anschließender Radionuklidmobilisierung die Ausbreitung der Radionuklide aus dem Endlager zu behindern.

Weder die Abfallmatrix noch das Deck- und Nebengebirge werden hier als einschlusswirksame Barriere verstanden, obwohl sie bei einer Betrachtung des gesamten Endlagersystems Barrierenwirkungen im Hinblick auf eine Mobilisierung von Radionukliden bzw. einem Transport von Radionukliden entfalten.

Eine direkte Einwirkung bedeutet, dass das FEP ursächlich auf die Funktion bestimmter Barrieren einwirkt. So führt beispielsweise das FEP *Rissbildung* zu einer direkten Einwirkung auf die Funktion der einschlusswirksamen Barriere Wirtsgestein, während das FEP *Gasbildung* keine direkte Einwirkung auf eine Barriere sondern nur eine indirekte Einwirkung über die Erhöhung des *Fluiddrucks* ausübt.

Wenn weder direkte noch indirekte Einwirkungen auf die Funktion einer einschlusswirksamen Barriere auftreten, wird das Ankreuzfeld „nicht zutreffend“ verwendet.

12 Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren

Wurde in Feld 11 eine direkte Einwirkung auf die Funktion einer einschlusswirksamen Barriere identifiziert, so ist die betroffene bzw. sind die betroffenen Barrieren zu nennen.

13 Weitere Informationen und Beispiele

Die im Feld Definition/Kurzbezeichnung angegebene Bedeutung des FEP kann in diesem Feld durch weitere Informationen und Beispiele näher erläutert werden.

14 Sachlage am Referenzstandort

Für die durch das jeweilige FEP beschriebene Gegebenheit wird in diesem Feld die standortspezifische Sachlage am Referenzstandort angegeben. Die Darstellung beschränkt sich nicht nur auf den Ist-Zustand bzw. Vorgänge in der Vergangenheit sondern umfasst auch die Möglichkeit des Eintretens des FEP in der Zukunft. Der Umfang der Beschreibungen kann bei den einzelnen FEP erheblich variieren.

15 Standortspezifische Auswirkungen

In diesem Feld werden die durch die in dem FEP beschriebene Gegebenheit hervorgerufenen möglichen Veränderungen gegenüber dem Ist-Zustand genannt.

16 Zeitliche Beschränkung

Verschiedene FEP können nur in bestimmten Zeiträumen auftreten bzw. wirksam werden. Sofern solche zeitlichen Beschränkungen durch die konkreten Gegebenheiten am Referenzstandort bestehen, werden sie in diesem Feld 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.

17 Abhängigkeiten

Im Feld 17 erfolgt keine Eintragung. Dieses Feld bildet die Überschrift für den nachfolgenden Block mit den Feldern 18 bis 21. FEP können andere FEP auslösen oder beeinflussen. Die FEP hängen also voneinander ab, wobei diese Abhängigkeiten direkter und indirekter Natur sein können. Die Kenntnis derartiger Abhängigkeiten bildet eine wichtige Grundlage für die Identifizierung von Kausalketten bei Ereignisabläufen und ist damit für die Szenarientwicklung relevant.

In den Feldern 18 bis 21 werden nur direkte Abhängigkeiten zwischen FEP aufgezeigt, die für die Langzeitsicherheitsanalyse von Bedeutung sind. So kann beispielsweise der Prozess *Matrixkorrosion* nur ablaufen, nachdem es zum *Behälterausfall* gekommen ist, d.h. das FEP

Behälterausfall ist für das FEP *Matrixkorrosion* ein auslösendes FEP. Dagegen hängt das FEP *Gasmenge im Grubenbau* nur indirekt vom FEP *Radiolyse* ab, da das FEP *Gasbildung* die Auswirkungen der Gasbildung durch Radiolyse (und anderer gasbildender Prozesse) beschreibt. Das FEP *Radiolyse* taucht folglich nicht bei der Beschreibung der Abhängigkeiten des FEP *Gasmenge im Grubenbau* auf. Allgemeine physikalische Größen, die für das beschriebene FEP von fundamentaler Bedeutung sind, werden in Klammern angegeben, z.B. (Temperatur) als auslösendes FEP der Diffusion. Außerdem werden keine Abhängigkeiten berücksichtigt, die nur während der Endlagerplanung eine Relevanz haben, darüber hinaus aber keine Rolle mehr spielen. So beeinflusst das *Wirtsgestein* zwar die *Auffahrung der Grube*, diese Abhängigkeit ist für die Langzeitsicherheitsanalyse aber ohne Bedeutung und wird deshalb im FEP-Katalog nicht aufgeführt.

18 Auslösende FEP

Ereignisse oder Prozesse, von denen mindestens eines bzw. einer dem vorliegenden FEP notwendigerweise vorausgegangen sein muss.

Radiolyse ist ein auslösendes FEP für *Gasbildung*, genauso wie *Metallkorrosion* und *Zersetzung von Organika*.

19 Beeinflussende FEP

Eigenschaften, Ereignisse oder Prozesse, die das vorliegende FEP beeinflussen und damit seine Wirkung verändern.

Das *Geochemisches Milieu* ist ein beeinflussendes FEP von *Matrixkorrosion*.

20 Resultierende FEP

Eigenschaften, Ereignisse oder Prozesse, die zwingend durch das vorliegende FEP ausgelöst werden.

Gasbildung ist ein resultierendes FEP für *Radiolyse*.

21 Beeinflusste FEP

Eigenschaften, Ereignisse oder Prozesse, die durch das vorliegende FEP beeinflusst werden und deren Wirkung dadurch verändert wird.

Matrixkorrosion ist ein beeinflusstes FEP von *Geochemisches Milieu*.

22 Handhabung

Im Feld 22 erfolgt keine Eintragung. Dieses Feld bildet die Überschrift für den nachfolgenden Block mit den Feldern 23 bis 26, in denen angegeben wird, ob das FEP bei der Szenarien-

generierung aufgrund der standortspezifischen Ausprägung unberücksichtigt bleiben kann oder berücksichtigt werden muss. Diese Angabe wird getrennt für das Nahfeld, die Strecken und Schächte, das Wirtsgestein und das Deck- und Nebengebirge gemacht.

23 Nahfeld

Das Nahfeld umfasst alle bergmännisch geschaffenen Hohlräume, in die Abfälle eingelagert wurden, mit allen darin enthaltenen Objekten und Materialien (Abfälle, Verpackung, Versatz) incl. Auflockerungszone und Verschluss des Hohlraums.

24 Strecken und Schächte

Mit Strecken und Schächte sind hier alle bergmännisch geschaffenen Hohlräume mit allen darin enthaltenen Objekten und Materialien (z.B. Einbauten, Versatz, Verschlussbauwerke) incl. Auflockerungszone gemeint, sofern sie nicht Einlagerungshohlräume sind, also auch Bohrungen.

25 Wirtsgestein

Das Wirtsgestein umfasst alle den Salzstock aufbauenden Gesteine zwischen der Salzstockbasis und dem Hutgestein abzüglich der bergmännisch geschaffenen Hohlräume und deren Auflockerungszonen.

26 Deck- und Nebengebirge

Die den Salzstock überlagernden und in sonstiger Weise an ihn angrenzenden klastischen Sedimente zzgl. dem Hutgestein bilden das Deck- und Nebengebirge.

27 Bemerkungen

Hier werden zusätzliche Informationen, die die Handhabung des FEP betreffen, vermerkt, insbesondere wenn zusätzliche Erklärungen zu einer Nichtberücksichtigung des FEP notwendig sind.

28 Literaturquellen

In diesem Feld werden die in der FEP-Beschreibung angeführten Literaturzitate aufgeführt. Die verschiedenen Zitatformen sind in den unterschiedlichen Bestimmungen zur Berichterstellung der jeweiligen am Projekt beteiligten Institutionen begründet.

29 offene Fragen, Forschungsbedarf

Erwähnung von Aspekten, die für das aktuelle FEP relevant sind, aber im Detail noch besser untersucht werden müssen. Soweit bekannt, werden dabei laufende FuE-Arbeiten erwähnt.

7 Glossar

Bei der Beschreibung der einzelnen FEP werden Begriffe im Sinne der nachfolgenden Definitionen verwendet. Diese Definitionen gelten zunächst allein dem Verständnis der einzelnen FEP-Beschreibungen. Obwohl es sich zum Teil um gängige Fachtermini handelt, für die anerkannte Definitionen in anderen Dokumenten zu finden sind, kann eine Konsistenz mit diesen Definitionen nicht garantiert werden. Im Einzelfall sind daher Abweichungen möglich.

Abstandsgeschwindigkeit

Die Abstandsgeschwindigkeit ist die mittlere Geschwindigkeit eines Wasserteilchens oder eines gelösten Stoffes in den Poren eines porösen Mediums. Im Gegensatz dazu ist die Bahngeschwindigkeit die tatsächliche, ständig wechselnde Geschwindigkeit, mit der sich ein Wasserteilchen durch die Poren eines porösen Mediums bewegt, während die Filtergeschwindigkeit diejenige Geschwindigkeit ist, die das Wasserteilchen hätte, wenn nicht nur der Porenraum, sondern die gesamte Querschnittsfläche des porösen Mediums für die Strömung zur Verfügung stünde.

Barriere

Als Barriere wird ein materieller Gegenstand verstanden, der die Freisetzung und/oder den Transport von Radionukliden behindert. Neben den einschlusswirksamen Barrieren, die primär den Kontakt von wässrigen Lösungen mit den eingelagerten Abfällen verhindern sollen, gehören auch die Abfallmatrix, das Versatzmaterial oder das Deck- und Nebengebirge zu den Barrieren.

Betriebsphase

Die atomrechtliche Betriebsphase beginnt nach der Erteilung der Betriebsgenehmigung zur planmäßigen Einlagerung der radioaktiven Abfälle und endet mit der Beendigung der Stilllegungsmaßnahmen des Endlagers einschließlich der Fertigstellung des Schachtverschlusses. Das Endlager steht dabei unter behördlicher Aufsicht.

Grubenbau

Ein Grubenbau ist ein anthropogen geschaffener untertägiger Hohlraum. Strecken und Kammern werden als horizontale Grubenbaue bezeichnet, Schächte hingegen als vertikale (seigere) Grubenbaue. Die Auflockerungszone wird den Grubenbauen zugerechnet.

Grubengebäude

Das Grubengebäude bezeichnet die Gesamtheit aller Grubenbaue eines Bergwerks.

Einschlusswirksamer Gebirgsbereich

Der einschlusswirksame Gebirgsbereich ist der Teil der geologischen Umgebung eines Endlagers, der zusammen mit den geotechnischen Barrieren die Isolation der Abfälle sicherstellen soll.

Endlagerbergwerk

Das Endlagerbergwerk besteht aus den für die Endlagerung radioaktiver Abfälle geschaffenen Grubenbauen (Bohrlöcher, Strecken, Kammern und Schächte) und den anschließend eingebrachten Materialien (Abfallgebände, Versatz und Verschlüsse).

Endlager

Ein Endlager besteht aus dem Endlagerbergwerk und dem umgebenden einschlusswirksamen Gebirgsbereich.

Endlagersystem

Ein Endlagersystem besteht aus dem Endlagerbergwerk sowie seiner geologischen Umgebung, die alle Gebirgsbereiche einschließt, die für den Nachweis der Sicherheit dieses Systems betrachtet werden müssen.

Langzeitsicherheit

Die Langzeitsicherheit eines Endlagersystems bezeichnet den Zustand, bei dem die erforderlichen Schutzziele innerhalb eines definierten Zeitraums (Nachweiszeitraum) eingehalten werden.

Langzeitsicherheitsanalyse

Die Langzeitsicherheitsanalyse ist die standortspezifische quantitative Analyse der Funktion eines Endlagersystems. Sie umfasst die Entwicklung konzeptioneller Modelle, die Szenarienentwicklung, die Konsequenzenanalyse sowie den Vergleich der Ergebnisse mit vorgegebenen Schutzziele und liefert einen wichtigen Beitrag für den Langzeitsicherheitsnachweis.

Langzeitsicherheitsnachweis

Der Langzeitsicherheitsnachweis besteht aus einer Zusammenführung aller qualitativer und quantitativer Analysen und Argumente zur Begründung der Sicherheit für die Nachbetriebsphase eines Endlagersystems.

Nachbetriebsphase

Die Nachbetriebsphase beginnt nach dem Abschluss der Stilllegungs- und Verschlussmaßnahmen. In der Nachbetriebsphase verbleibt das Endlager wie im Langzeitsicherheitsnachweis vorgesehen wartungsfrei und derzeit ohne geplante Behördenaufsicht.

Nachweiszeitraum

Der Nachweiszeitraum ist die Zeitspanne, für die der Nachweis der Sicherheit der gewählten Endlagerkonzeption an einem Standort erbracht werden muss.

8 Referenzen

- [1] Allgemeine Verwaltungsvorschrift zu §45 Strahlenschutzverordnung: Ermittlung der Strahlenexposition durch die Ableitung radioaktiver Stoffe aus kerntechnischen Anlagen oder Einrichtungen (21. Februar 1990). Erschienen im Bundesanzeiger, 42. Jg. Nummer 64a (1990).
- [2] ISIBEL: Abschlussbericht „Überprüfung und Bewertung des Instrumentariums für eine sicherheitliche Bewertung von Endlagern für HAW“, DBE Technology, Peine, 2007.
- [3] ISIBEL: „Überprüfung und Bewertung des Instrumentariums für eine sicherheitliche Bewertung von Endlagern für HAW“, Aufgabenpaket AP 1.1 Geologisches Standortmodell, BGR, Hannover, 2007.
- [4] ISIBEL: „Überprüfung und Bewertung des Instrumentariums für eine sicherheitliche Bewertung von Endlagern für HAW“, Aufgabenpaket AP 1.2 Konzeptionelle Endlagerplanung, DBE Technology, Peine, 2007.
- [5] Mazurek, M.; Pearson, F. Joe; Volckaert, G.; Bock, H.: Features, Events and Processes Evaluation. Catalogue for Argillaceous Media. – NEA-Report 4437, ISBN 92-64-02148-5, Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris, 2003.
- [6] NEA: Features, Events and Processes (FEPs) for Geologic Disposal of Radioactive Waste. An International Database. Vers. 1.2. OECD/NEA Publ., Radioactive Waste Management, Paris, 2000.

Teil B Zusammenstellung der FEP

<i>FEP-Nr.:</i> 1.1.01.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.1.01	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Standorterkundung			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Die Standorterkundung dient dem Ziel, die Datengrundlage der Eigenschaften eines Standortes zu ermitteln und zu dokumentieren.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input checked="" type="checkbox"/> Randbedingung			<input type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.1.01.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.1.01	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Standorterkundung			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Unsicherheiten oder Lücken in dieser Datengrundlage werden mit den Daten angegeben.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Der Referenzstandort wurde seit Anfang der achtziger Jahre bis zum Moratorium im Oktober des Jahres 2000 von Über- und Untertage erkundet. Die Datengrundlage zum Wirtsgestein des Referenzstandortes ist in BORNEMANN (1991); BORNEMANN, BEHLAU et al. (2003), zum Deck-/Nebengebirge in den Berichten von KÖTHE, HOFFMANN et al. (2007); ZIRNGAST, ZWIRNER et al. (2004) und zur Hydrogeologie in KLINGE, BOEHME et al. (2007) beschrieben.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Die Eigenschaften des Standortes wirken auf alle zukünftigen Entwicklungen des Endlagers. Die Kenntnis dieser Eigenschaften hinsichtlich Exaktheit und Vollständigkeit bestimmt die Bandbreiten der Ergebnisse der Sicherheitsanalysen. Die Güte der Standorterkundung bestimmt die Qualität der gewonnenen Geodaten.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i>	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i>	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Bemerkungen:</i> Keine			
<i>Literaturquellen:</i> BORNEMANN, O. (1991): Zur Geologie des Salzstocks Gorleben nach den Bohrerergebnissen.-- BfS-Schriften, 4/91 : 67 S., 13 Abb., 5 Tab., 24 Anl.; Salzgitter. BORNEMANN, O.; BEHLAU, J.; KELLER, S.; MINGERZAHN, G. & SCHRAMM, M. (2004): Projekt Gorleben, Standortbeschreibung Gorleben - Teil III: Ergebnisse der Erkundung des Salinars. Abschlussbericht zum AP G 412110000.-- BGR, unveröffentl. Ber.: 222 S., 29 Abb., 6 Tab., 4 Anl., 1 Anh.; Hannover.			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.1.01.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.1.01	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Standorterkundung			
<p>KLINGE, H.; BOEHME, J.; GRISSEMANN, C.; HOUBEN, G.; LUDWIG, R.-R.; RÜBEL, A.; SCHELKES, K.; SCHILDKNECHT, F. & SUCKOW, A. (2007): Standortbeschreibung Gorleben. Teil 1: Die Hydrogeologie des Deckgebirges des Salzstocks Gorleben.-- Geol. Jb., C 71: 147 S., 59 Abb., 4 Tab., 1 Anl.; Hannover.</p> <p>KÖTHE, A.; HOFFMANN, N.; KRULL, P.; ZIRNGAST, M. & ZWIRNER, R. (2007): Standortbeschreibung Gorleben. Teil 2: Die Geologie des Deck- und Nebengebirges des Salzstocks Gorleben.-- Geol. Jb., C 72: 201 S., 42 Abb., 19 Tab.; Hannover.</p> <p>ZIRNGAST, M.; ZWIRNER, R.; BORNEMANN, O.; FLEIG, S.; HOFFMANN, N.; KÖTHE, A.; KRULL, P. & WEISS, W. (2004): Projekt Gorleben. Schichtenfolge und Strukturbaue des Deck- u. Nebengebirges. Abschlussbericht.-- BGR, unveröffentl. Ber.: 570 S., 42 Abb., 32 Tab., 195 Anl., 1 Anh.; Hannover.</p>			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i>			
Die Erkundung des Salzstocks ist seit dem Moratorium vom Oktober 2000 politisch bedingt unterbrochen. Die untertägige Erkundung ist noch nicht abgeschlossen.			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.1.02.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.1.02	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Auffahrung der Grube			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Durch das Auffahren einer Grube werden bergmännisch Hohlräume in einer Gesteinsformation geschaffen.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input checked="" type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input checked="" type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Wirtsgestein			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.1.02.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.1.02	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Auffahrung der Grube			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Bei der Auffahrung der Grube können unterschiedliche Auffahrungstechniken zur Anwendung kommen, z.B. Bohren und Sprengen oder die gebirgsschonende Auffahrung mit einer Teilschnittmaschine. Um die Schädigung des Gebirges durch die Auffahrung möglichst gering zu halten, sind gebirgsschonende Auffahrungstechniken vorzuziehen.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Am Referenzstandort werden über zwei Tagesschächte eine Erkundungssohle und eine Einlagerungssohle mit Infrastrukturbereichen und Einlagerungsfeldern aufgefahren. Alle geometrischen Angaben des Endlagerbergwerks sind in den Planungsunterlagen zu finden und werden nicht in FEPs behandelt.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Die Auffahrung des Grubengebäudes führt in der Teufenlage von mehr als 800 m zu dilatanten Deformationen an der jeweiligen Hohlraumkontur. Damit sind Spannungsumlagerungsprozesse, Rissbildung und die Entwicklung einer Auflockerungszone rund um die Grubenbaue verbunden. Diese Prozesse werden in den FEPs „Auflockerungszone“, „Rissbildung“ und „Spannungsänderung und Spannungsumlagerung“ beschrieben. Die Auffahrung der Grube führt zum Grubengebäude, was im FEP „Grubengebäude“ behandelt wird.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Die Auffahrung der Grube ist spätestens mit Ende der Betriebsphase abgeschlossen.			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i>	
<i>Resultierende FEPs:</i> Erkundungssohle Grubengebäude Spannungsumlagerung		<i>Beeinflusste FEPs:</i>	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen.		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen.	
<i>Wirtsgestein:</i> Wird berücksichtigt.		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Wird berücksichtigt.	
<i>Bemerkungen:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.1.02.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.1.02	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Auffahrung der Grube			
<i>Literaturquellen:</i> ISIBEL (2007): ISIBEL Abschlussbericht „Überprüfung und Bewertung des Instrumentariums für eine sicherheitliche Bewertung von Endlagern für HAW“, Aufgabenpaket AP 1.2 Konzeptionelle Endlagerplanung			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.1.02.02	<i>NEA-Nr.:</i> 1.1.02	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Erkundungssohle			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Zur Erkundung des Salzstockes wird eine Sohle über den geplanten Einlagerungsfeldern aufgefahren. Die Grubenbaue dieser Sohle werden nach Einstellung der Einlagerung verfüllt.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input checked="" type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.1.02.02	<i>NEA-Nr.:</i> 1.1.02	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Erkundungssohle			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Keine			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Die Erkundungssohle mit Streckenquerschnitten in der Größe einer Einlagerungsstrecke wird in 840 m Teufe und damit 30 m über der Einlagerungssohle liegen (<i>ISIBEL, 2007</i>). Vor Schließung des Endlagers werden sowohl die Erkundungsstrecken als auch die Einlagerungsstrecken versetzt. Die Erkundungssohle ist ein Teil des Grubengebäudes.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Da bei der Auffahrung der Erkundungssohle geomechanische Einflüsse auf das umgebende Gebirge entstehen bildet sich um die Strecken herum eine Auflockerungszone. Im Bereich der verfüllten Grubenbaue der Erkundungssohle ist die Porosität und die Permeabilität im Vergleich zum Unverritzten erhöht. Der vertikale Abstand zwischen Erkundungsstrecken und Einlagerungsstrecken sowie die stützende Wirkung des in beide Sohlen eingebrachten Versatzes lassen nur eine schwache gegenseitige Beeinflussung der Erkundungssohle mit dem restlichen Grubengebäude erwarten. Ein direkter Einfluss auf das Nahfeld oder auf das Deckgebirge besteht nicht.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Auflockerungszonen der versetzte Strecken auf der Erkundungssohle werden in Abhängigkeit von den physikalisch-mineralogischen Verhältnissen des angefahrenen Salzgebirges durch die Konvergenz geschlossen. Der Einfluss der Erkundungssohle auf die Integrität des Wirtsgesteins ist daher am Beginn der Nachbetriebsphase am größten. Mit zunehmender Zeit verliert sie an Einfluss.			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i> Auffahrung der Grube		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Diapirismus Konvergenz Thermische Expansion und Kontraktion	
<i>Resultierende FEPs:</i> Gasspeichervolumen		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Lokale Differentialbewegungen Konvergenz Gasvolumen	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen.		<i>Strecken und Schächte:</i> Wird berücksichtigt.	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen.		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen.	

<i>FEP-Nr.:</i> 1.1.02.02	<i>NEA-Nr.:</i> 1.1.02	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Erkundungssohle			
<i>Bemerkungen:</i> Keine			
<i>Literaturquellen:</i> ISIBEL (2007): ISIBEL Abschlussbericht „Überprüfung und Bewertung des Instrumentariums für eine sicherheitliche Bewertung von Endlagern für HAW“, Aufgabenpaket AP 1.2 Konzeptionelle Endlagerplanung			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.1.02.03	<i>NEA-Nr.:</i> 1.1.02	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Grubengebäude			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Es werden sämtliche Merkmale des Grubengebäudes beschrieben, nämlich im System Wirtsgestein die beiden Schächte samt Einbauten, die Infrastrukturgrubenbaue und Einlagerungsgrubenbaue samt Einbauten und im System Deck-/Nebengebirge die beiden Schächte samt Einbauten.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input checked="" type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.1.02.03	<i>NEA-Nr.:</i> 1.1.02	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Grubengebäude			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Die Berücksichtigung der veränderten hydraulischen und mechanischen Eigenschaften des Wirtsgesteins gegenüber den Eigenschaften des Unverritzten und der damit verbundene Verlust der Barrierenintegrität im Bereich des Grubengebäudes, erfolgt bei der Szenarienentwicklung auf der Grundlage der Beschreibung des Grubengebäudes.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Für den Referenzstandort ist das Referenzkonzept im <i>ISIBEL-Abschlussbericht (ISIBEL 2007)</i> beschrieben.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Das Wirtsgestein wird im Bereich des Grubengebäudes entfernt, seine Integrität ist an der Hohlraumkontur nicht mehr gegeben. Durch die Auffahrung der Hohlräume wird der Spannungszustand im Wirtsgestein verändert, was zu Spannungsumlagerungen und damit zu Gefügeentfestigung mit Rissbildung führen kann. Im System Deck- und Nebengebirge sind im Bereich des Grubengebäudes die hydraulischen und mechanischen Eigenschaften gegenüber den Eigenschaften des unverritzten Gesteins verändert.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i> Auffahrung der Grube		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Diapirismus Konvergenz Thermische Expansion und Kontraktion	
<i>Resultierende FEPs:</i> Gasspeichervolumen		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Lokale Differentialbewegungen Konvergenz Gasvolumen	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Wird berücksichtigt.		<i>Strecken und Schächte:</i> Wird berücksichtigt.	
<i>Wirtsgestein:</i> Wird berücksichtigt.		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen.	
<i>Bemerkungen:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.1.02.03	<i>NEA-Nr.:</i> 1.1.02	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Grubengebäude			
<i>Literaturquellen:</i> ISIBEL (2007): ISIBEL Abschlussbericht „Überprüfung und Bewertung des Instrumentariums für eine sicherheitliche Bewertung von Endlagern für HAW“, Aufgabenpaket AP 1.2 Konzeptionelle Endlagerplanung			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.1.03.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.1.03	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Einlagerungsgeometrie und -abfolge			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Die Einlagerungsgeometrie und -abfolge beschreibt die räumliche Anordnung der Einlagerungshohlräume des Endlagers und die Abfolge der Abfalleinlagerung.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input checked="" type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input checked="" type="checkbox"/> indirekt <input type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.1.03.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.1.03	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Einlagerungsgeometrie und -abfolge			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Die Geometrie des Bergwerkes und die Einlagerungsabfolge gehören zu den tatsächlichen vorliegenden Bedingungen, die den Ist-Zustand des Endlagers nach dessen Betriebszeit kennzeichnen. Die Einlagerungsgeometrie muss die Anforderungen an die Barrierenintegrität, an die Einlagerungstechnik, des Rückbaus und des Verschlusses berücksichtigen. Die Abfolge der Einlagerung der Gebinde ergibt sich aus den Abfallströmen und der danach bemessenen Einlagerungsgeometrie.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Für die Endlagerung wärmeentwickelnder hochradioaktiver Abfälle sind zwei Konzepte vorgesehen. <ul style="list-style-type: none"> • Die erste Variante sieht eine Strecken- und Bohrlochlagerung vor. In diesem Konzept werden ausgediente Brennelemente in Pollux-Behältern in horizontalen Strecken endgelagert. HAW-Kokillen und CSD werden in vertikalen Bohrlöchern endgelagert. • Das zweite Konzept sieht eine Umverpackung der ausgedienten Brennelemente in Brennstabkokillen (BSK) vor, so dass die alle einzulagernden Abfälle ausschließlich in vertikalen Bohrlöchern endgelagert werden können. Bei beiden Konzepten werden unterschiedliche Kokillen verwendet. Für hochradioaktive Abfälle kommen HAW-Kokillen zum Einsatz, verglaste Spülwässer und sonstige Wiederaufarbeitungsabfälle werden in CSD verpackt und für abgebrannte Brennelemente stehen im Konzept der reinen Bohrlochlagerung Brennstabkokillen (BSK) zur Verfügung. Alles weitere ist im Referenzkonzept beschrieben (<i>ISIBEL, 2007</i>).			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Die Einlagerungsgeometrie und die zeitliche Abfolge der Einlagerung beeinflussen die Temperatur in den Grubenbauen. Das Temperaturkriterium von $\max T = 200 \text{ °C}$ im Salz darf nicht überschritten werden und mögliche Überlagerungen von Temperaturwirkungen benachbarter Einlagerungsbereiche sind zu berücksichtigen. Auf dieser Basis und aufgrund von Feldbelegungen mit der realen Einlagerungsgeometrie ist der erforderliche Sicherheitsabstand von Einlagerungsbereichen im Steinsalz und zum Anhydrit/Carnallit unter Berücksichtigung der Abfallgebinde zu ermitteln. Es sind Mindest-Zwischenlagerzeiten, in denen ein Teil der Zerfallswärme abklingt zu berücksichtigen.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Die Abhängigkeit der Gebirgsspannungen von der Geometrie der Einlagerungshohlräume und der Abfolge der Einlagerung ist direkt nach dem Verschluss des Endlagers am größten und wird umso kleiner, je größer die Stützwirkung des Versatzes wird und je weiter die Wärmeentwicklung der Abfälle abgeklungen ist. Das FEP ist zeitlich nicht beschränkt.			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs</i> :		<i>Beeinflussende FEPs:</i>	

<i>FEP-Nr.:</i> 1.1.03.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.1.03	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Einlagerungsgeometrie und -abfolge			
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Absinken der Abfallbehälter Thermische Expansion und Kontraktion Spannungsumlagerung Thermisch bedingte Spannungsumlagerungen im Wirtsgestein Temperaturänderung am Salzspiegel	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Wird berücksichtigt.		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen.	
<i>Wirtsgestein:</i> Wird berücksichtigt.		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen.	
<i>Bemerkungen:</i> Keine			
<i>Literaturquellen:</i> ISIBEL (2007): ISIBEL Abschlussbericht „Überprüfung und Bewertung des Instrumentariums für eine sicherheitliche Bewertung von Endlagern für HAW“, Aufgabenpaket AP 1.2 Konzeptionelle Endlagerplanung			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.1.04.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.1.04	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Verschließen der Einlagerungsbereiche			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Das FEP beschreibt die Errichtung von Bauwerken zum mechanisch und hydraulisch wirksamen Verschluss der Einlagerungsbereiche des Endlagers.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input checked="" type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.1.04.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.1.04	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Verschließen der Einlagerungsbereiche			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i>			
<p>Die Einlagerung radioaktiver Abfälle ist am Referenzstandort je nach Einlagerungskonzept in Bohrlöchern oder in Strecken vorgesehen. Unabhängig vom Einlagerungskonzept werden Strecken zu Einlagerungsfeldern Streckenverschlüsse verschlossen. Einlagerungsbereiche und Infrastrukturstrecken werden mit Salzgrus versetzt. Einlagerungsbohrlöcher werden mit Salzgrus verfüllt.</p> <p>Bei der Betrachtung der ungestörten Entwicklung des Endlagersystems wird davon ausgegangen, dass Verschlussbauwerke zum Zeitpunkt des endgültigen Verschlusses des Endlagers vorschriftsmäßig gebaut sind und ihre Funktionen über die geplante Lebensdauer erfüllen.</p>			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i>			
<p>Die Einlagerung radioaktiver Abfälle ist am Referenzstandort je nach Einlagerungskonzept in Bohrlöchern (Bohrlochlagerung von Brennstabkockillen BSK) oder Strecken (Streckenlagerung von ausgedienten Brennelementen in Pollux-Behältern) vorgesehen. Unabhängig des gewählten Einlagerungskonzeptes sind die Zugangsstrecken zu den Einlagerungsbereichen mit Streckenverschlüssen zu verschließen.</p> <p>Diese Verschlussbauwerke können folgende Aufgaben haben:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Abdichtung des Einlagerungshohlraums gegen den Zutritt von Fluiden, • Abdichtung des Einlagerungshohlraums gegen den Austritt von Fluiden und/oder Radionukliden und • statischer und dynamischer Lastabtrag aus Versatz- und Ausbausäulen (Eigengewicht, Fluiddruck). <p>Bei der Bohrlochlagerung werden die Einlagerungsbohrlöcher mit einem Bohrlochverschluss verschlossen.</p> <p>Sämtliche Schacht- und Streckenverschlüsse werden mechanisch durch den Gebirgsdruck und thermisch durch die Zerfallswärme der Abfälle beansprucht. Auf die Verschlussbauwerke wirken Gasdrücke, wenn in den Einlagerungsbereichen durch Behälterkorrosion entstehende Korrosionsgase nicht ungehindert abfließen oder gespeichert werden können. Außerdem können zusätzliche Lösungsdrücke wirken, wenn Lösungen z.B. infolge eines mangelhaften Schachtverschlusses bis an die Verschlussbauwerke eines Einlagerungsbereiches vordringen konnten. Die Auswirkungen von Fluiddruck werden im entsprechenden FEP „Fluiddruck“ beschrieben.</p>			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i>			
Keine. Das Verschließen der Einlagerungsbereiche trägt zum sicheren Verschluss des Endlagers bei.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i>			
Das FEP beschränkt sich auf die Betriebsphase.			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.1.04.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.1.04	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Verschließen der Einlagerungsbereiche			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i>	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i>	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen.		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen.	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen.		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen.	
<i>Bemerkungen:</i> Keine			
<i>Literaturquellen:</i> <p>Xie, Z., (2002): Rechnerische Untersuchungen zum mechanische und hydraulischen Verhalten von Abdichtungsbauwerken in Untertagedeponien im Fall eines Lösungszutritts, Dissertation an der TU- Clausthal</p> <p>Wagner, K. (2005): Beitrag zur Bewertung der Sicherheit untertägiger Verschlussbauwerke im Salinargebirge. Dissertation an der TU-Bergakademie Freiberg</p> <p>Skrzyppek, J.; Heimer, S.; Pieper, Chr. (1998): Zur sicherheitlichen Beurteilung untertägiger Bauwerke in der Entwurfs- und Optimierungsphase, Erzmetall, 51, Nr. 7/8, 1998</p> <p>Sitz, P. (1981): Querschnittsabdichtungen untertägiger Hohlräume durch Dämme und Pfropfen, Freiburger Forschungshefte, VEB Verlag für Grundstoffindustrie, 1981</p> <p>Sitz, P. (1999): Untertägige Entsorgung, 4. Statusgespräch zu FuE Vorhaben, Clausthal-Zellerfeld, 1999</p> <p>Sitz, P. (2001): Langzeitstabile Streckenverschlussbauwerke im Salinar, 5. Statusgespräch zu FuE Vorhaben, Leipzig 2001</p> <p>Sitz, P. (2003): Forschungsvorhaben: Entwicklung eines Grundkonzeptes für langzeitstabile Verschlussbauwerke für UTD im Salinar, Bau und Test eines Verschlussbauwerks unter realen Bedingungen, TU-BAF, 2003</p> <p>Schmidt, M. W. (1995): Schachtverschlüsse für untertägige Deponien in Salzbergwerken, GSF-Bericht 32/95, Band 1, Text und Abbildungen, Braunschweig, 1994</p> <p>Müller-Hoeppe, N.; Mauke, R.; Wollrath, J. (2003): Repository Seal Requirements and Design, EBS-Design Requirements and Constraints, Workshop, Turku, Finland</p>			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.1.04.02	<i>NEA-Nr.:</i> 1.1.04	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Verschließen der Schächte			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Das FEP beschreibt die Errichtung von Bauwerken zum mechanisch und hydraulisch wirksamen Verschluss der Schächte des Endlagers.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input checked="" type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.1.04.02	<i>NEA-Nr.:</i> 1.1.04	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Verschließen der Schächte			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Schachtverschlussbauwerke bestehen aus einem unteren Widerlager, auf das das Dichtelement aufgebaut ist. Das untere Widerlager kann z.B. eine setzungsstabile Schottersäule sein. Oberhalb des Dichtelements kann ein weiteres Widerlager z.B. aus Beton angeordnet werden, um eine Lageverschiebung des Dichtelements gegen aus der Grube ausgepresste Lösungen zu vermeiden. Die Schachtröhre wird bis an die Tagesoberfläche verfüllt und erhält einen abschließenden Schachtdeckel. Schachtdeckel bilden einen Abschluss der Schachtfüllsäule nach übertage. Die Aufgaben von Schachtdeckeln ist die Verhinderung des Hineinstürzens von Menschen, Tieren oder Gegenständen in die eventuell durch Nachsacken der Füllsäule offen stehende Schachtröhre. Für die Langzeitsicherheitsanalyse im Sinne einer Untersuchung der Isolation oder Freisetzung von Radionukliden sind Schachtdeckel irrelevant. Der Schachtverschluss hat die Aufgaben den Zutritt wässriger Lösungen <ul style="list-style-type: none"> • in den Schachtbereich unterhalb des Dichtelements und • in die Auflockerungszone des Schachtes unterhalb des Dichtelements zu verhindern sowie • den Übertritt von Fluiden aus dem Schachtbereich unterhalb des Dichtelements in den Schachtbereich oberhalb des Dichtelements zu verhindern. Voraussetzungen für die planmäßige Funktionserfüllung ist die dichte Verbindung zwischen dem Dichtelement und dem umgebenden Salz. Es wird an den Berührungsflächen zwischen Dichtelement und umgebendem Salz ein Formschluss aufgrund der Konvergenz auf das Dichtelement erwartet.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Das Dichtelement des Schachtverschlusses ist am Referenzstandort entsprechend des Verschlusskonzepts im oberen Bereich des Salzstockes, wenige Dekameter unter dem Salzspiegel angeordnet. Das Salz muss dort ungeklüftet und rissfrei sein, damit das Dichtelement nicht durch Wegsamkeiten entlang dieser Risse bzw. Klüfte umströmt werden kann.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Keine. Das Verschließen der Schächte ist die Voraussetzung für den sicheren Verschluss des Endlagers.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Das FEP beschränkt sich auf die Betriebsphase.			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i>	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i>	

<i>FEP-Nr.:</i> 1.1.04.02	<i>NEA-Nr.:</i> 1.1.04	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Verschließen der Schächte			
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen.		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen.	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen.		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen.	
<i>Bemerkungen:</i> Keine			
<i>Literaturquellen:</i> K+S AG (2002): Forschungsprojekt Schachtverschluss Salzdetfurth Schacht II, BMBF-Forschungsvorhaben 02C0516, K+S AG, Kassel, 2002			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.1.05.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.1.05	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Kenntniserhalt			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Geeignete Maßnahmen, die die Kenntnis vom Referenzstandort für einen gewissen Zeitraum für zukünftige Generationen verfügbar machen, um ein unbeabsichtigtes Eindringen des Menschen in das verschlossene Endlager zu verhindern.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input checked="" type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.1.05.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.1.05	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Kenntniserhalt			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Keine			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Die Kenntnisse über die Art und Abfalltypen im Endlager sollen durch geeignete Maßnahmen für einen gewissen Zeitraum von mindestens 500 Jahren erhalten bleiben.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Ein Kenntnisverlust wird im Rahmen der Szenarien zu menschlichen Aktivitäten behandelt.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Es wird davon ausgegangen, dass der Kenntniserhalt für 500 Jahre gewährleistet werden kann.			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i>	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i>	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Bemerkungen:</i> Keine			
<i>Literaturquellen:</i>			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.1.06.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.1.06	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Abfallzuordnung			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Die Abfallzuordnung beschreibt die Art, Menge und Herkunft der im Endlager einzulagernden Abfälle.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input checked="" type="checkbox"/> Randbedingung			<input type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.1.06.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.1.06	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Abfallzuordnung			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Keine			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Am Referenzstandort ist die Einlagerung von wärmeentwickelnden hoch- und mittelradioaktiven Abfällen sowie ausgedienten Brennelementen ausschließlich deutscher Herkunft vorgesehen. Abfälle aus der Wiederaufarbeitung ausgedienter, zuvor in der Bundesrepublik Deutschland genutzter Brennelemente werden von der AREVA-NP aus Frankreich und der BN-GS aus Großbritannien angeliefert. Es wird eine Rücklieferung der Wiederaufbereitungsabfälle aus Frankreich von 1996-2028 und aus Großbritannien von 2012-2015 erwartet (ISIBEL, 2007). Detaillierte Mengenangaben zu den Abfällen und ihrer Herkunft sind in den FEPs zum Inventar zu finden.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Keine. Das FEP dient als Beschreibung des Ist-Zustandes. Auswirkungen aus den einzulagernden Abfällen werden in den FEPs zum Inventar beschrieben.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Das FEP ist zeitlich beschränkt bis zur Schließung des Endlagers.			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i>	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i>	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen.		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen.	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen.		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen.	
<i>Bemerkungen:</i> Keine			
<i>Literaturquellen:</i> ISIBEL (2007): ISIBEL Abschlussbericht „Überprüfung und Bewertung des Instrumentariums für eine sicherheitliche Bewertung von Endlagern für HAW“, Aufgabenpaket AP 1.2 Konzeptionelle Endlagerplanung			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.1.07.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.1.07	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Endlagerauslegung und Einlagerungskonzept			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Das FEP beschreibt die Dimensionierung, die Auffahrung, sowie ggf. vorhandene Ausbauten in den Grubenbauen und deren Anordnung in der Gebirgsformation.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input checked="" type="checkbox"/> Randbedingung			<input type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.1.07.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.1.07	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Endlagerauslegung und Einlagerungskonzept			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i>			
<p>Durch die Anordnung der Grubenbaue können sich die thermischen und mechanischen Wirkungen der einzelnen Einlagerungshohlräume überlagern. In diesen Überlagerungsbereichen muss die Summe der thermomechanischen Wirkungen berücksichtigt werden. Bei der Endlagerauslegung werden die Einflüsse der thermischen und mechanischen Auswirkungen von Grubenbauen untereinander berücksichtigt und die erforderlichen Dimensionen der Wirtsgesteinsbarrieren zugrunde gelegt. Bei der Überlagerung der Nahfeldwirkungen einzelner Einlagerungshohlräume handelt es sich nicht um Vorgänge, die nur unter bestimmten Voraussetzungen zukünftig stattfinden werden, sondern um Abläufe, die gemäß den zugrunde liegenden physikalischen Mechanismen in jedem Fall stattfinden werden. Bei der Endlagerauslegung ist zu berücksichtigen, dass die Überlagerung der Nahfeldwirkungen einzelner Grubenbaue nicht zur Verletzung von Integritäts- oder Temperaturkriterien führt.</p> <p>Die Geometrie des Bergwerkes und die Einlagerungsabfolge gehören zu den Randbedingungen, die den Ist-Zustand des Endlagers nach kennzeichnen. Die Abfolge der Einlagerung der Gebinde ergibt sich aus den Abfallströmen und der danach bemessenen Einlagerungsgeometrie. Die Anordnung und Größe der Grubenbaue wird durch die Einlagerung der Abfälle bestimmt. Aufgrund der angewandten Einlagerungstechnik sind Mindestabmessungen der Grubenbaue erforderlich und die Begrenzung der thermomechanischen Auswirkungen der Zerfallsenergie bei der Einlagerung wärmeentwickelnder Abfälle bedingt Mindestabstände der Einlagerungshohlräume untereinander.</p> <p>Für die Einlagerung wärmeentwickelnder hochradioaktiver Abfälle sind zwei Konzepte vorgesehen.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die erste Variante sieht eine Strecken- und Bohrlochlagerung vor. Hier werden ausgediente Brennelemente in Pollux-Behältern in horizontalen Strecken endgelagert. HAW-Kokillen und CSD werden in vertikalen Bohrlöchern endgelagert. • Das zweite Konzept sieht eine Umverpackung der abgebrannten Brennelemente in Brennstabkokillen (BSK) vor, so dass die hochradioaktiven Abfälle ausschließlich in vertikalen Bohrlöchern eingelagert werden können. <p>Zur Umsetzung des Einlagerungskonzeptes sind für die technischen Einrichtungen für den Behältertransport und für die Einlagerung der Gebinde Mindestabmessungen der Strecken einzuhalten.</p> <p>Das Einlagerungskonzept und die Endlagerauslegung haben Einfluss auf den Wärmeeintrag in das Gebirge. Für die jeweiligen erforderlichen Mindestabstände von Strecken und Bohrlöchern erfordern auch Mindest-Zwischenlagerzeiten, in denen ein Teil der Zerfallswärme abklingt. Das Temperaturkriterium von $T < 200 \text{ °C}$ im Salz darf nicht überschritten werden und mögliche Überlagerungen von Temperaturwirkungen benachbarter Einlagerungsbereiche sind zu berücksichtigen. Auf dieser Basis und aufgrund von Feldbelegungen mit der realen Einlagerungsgeometrie ist der erforderliche Sicherheitsabstand von Einlagerungsbereichen im Steinsalz und zum Anhydrit/Carnallit zu ermitteln.</p>			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i>			
<p>Das FEP wird nicht betrachtet, da es eine feste Eingangsgröße darstellt. Alle Angaben zur Endlagerauslegung und zum Einlagerungskonzept sind in der Literatur zu finden.</p>			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.1.07.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.1.07	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Endlagerauslegung und Einlagerungskonzept			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Keine			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Keine, da die Auslegung des Endlagers so erfolgt, dass keine integritätsgefährdenden Auswirkungen auf das Wirtsgestein zu erwarten sind. Schacht- und Streckenverschlüsse werden so ausgelegt, dass die Einwirkungen aufgenommen werden können.			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i>	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i>	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen.		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen.	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen.		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen.	
<i>Bemerkungen:</i> Keine			
<i>Literaturquellen:</i> ISIBEL (2007): ISIBEL Abschlussbericht „Überprüfung und Bewertung des Instrumentariums für eine sicherheitliche Bewertung von Endlagern für HAW“, Aufgabenpaket AP 1.2 Konzeptionelle Endlagerplanung			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.1.08.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.1.08	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Qualitätssicherung			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Die Qualitätssicherung umfasst die Gesamtheit der Maßnahmen, die dazu dienen, dass die Auslegung und Errichtung des Endlagers, die angelieferten Abfälle, die eingesetzten Materialien der geplanten Bauwerke (Schachtverschluss, Streckenversatz, Streckenverschlüsse, alle Dichtelemente usw.) sowie deren Ausführung entsprechend der in der Planung definierten Eigenschaften aufweisen.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input checked="" type="checkbox"/> Randbedingung			<input type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.1.08.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.1.08	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Qualitätssicherung			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i>			
<p>Durch Qualitätssicherungsmaßnahmen können Mängel in der Zusammensetzung und den geforderten Eigenschaften des Materials sowie beim Bau von Verschlussbauwerken erkannt werden. Somit wirken sich Qualitätssicherungsmaßnahmen positiv auf die Funktion von Barrieren aus.</p> <p>Die Eurocodes (DIN EN 1990:2002) des Bauwesens schreiben zur Qualitätssicherung im Entwurf, bei der Planung und bei der Ausführung von Bauwerken Qualitätssicherungsmaßnahmen vor. Diese Qualitätssicherungsmaßnahmen lassen sich unterteilen in</p> <ul style="list-style-type: none"> • Eigenüberwachung, durch eine eigene Prüfstelle oder die ausführende Stelle selbst. • Fremdüberwachung durch eine unabhängige Drittstelle. <p>Durch Eigen- und Fremdüberwachung werden die Voraussetzungen geschaffen, dass ein Produkt (Material, Bauwerk, etc.) mit Abweichungen in einer tolerierten Bandbreite die geforderten Eigenschaften auch aufweist.</p> <p>Die Überwachung beinhaltet auch die Ergebnisdokumentation und die Rückstellung von (Material-)proben. Die verantwortlichen Stellen sind über die Überwachungsmaßnahmen zu unterrichten.</p> <p>Das Qualitätsmanagement wird durch die Norm EN ISO9001:2000 geregelt. In dieser Norm werden weitere Normen zum Qualitätsmanagement erwähnt. Die Anweisungen zum Qualitätsmanagement dieser Normen sind im Rahmen der Qualitätssicherungsmaßnahmen zu berücksichtigen.</p>			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i>			
<p>Da die angelieferten Abfallgebinde, die gesamte Auslegung, der Bau und der Betrieb des Endlagers die Eingangsparameter für die Nachbetriebsphase darstellen, also für diese Phasen die Randbedingungen beschreiben, sind Qualitätssicherungsmaßnahmen bei der Auslegung, beim Bau und beim Betrieb des Endlagers anzuwenden, zu dokumentieren und erfasste Abweichungen in Konsequenzenanalysen zu bewerten. Gleiches gilt für die Abfallgebinde, deren vereinbarte Beschaffenheit durch entsprechende Qualitätssicherungsmaßnahmen dokumentiert und nachvollziehbar belegt sein muss, so dass zu jedem Abfallgebinde vor der Einlagerung die Einhaltung der geforderten Spezifikationen sichergestellt ist.</p> <p>Am Referenzstandort</p> <ul style="list-style-type: none"> • sind die eingesetzten Baustoffe durch Eigen- und Fremdüberwachung zu prüfen. • sind Probenrückstellungen von angelieferten Baustoffen vorzunehmen und Proben des Gesteins in situ zu nehmen • sind die Erkundungsmaßnahmen in die Qualitätssicherung mit einzubeziehen • ist der Bau der sämtlicher Schacht- und Streckenverschlüsse sowie der Versatz in der Entwurfs, Planungs- und Bauphase durch Eigen- und Fremdüberwachungsmaßnahmen zu prüfen und seine Konformität mit den Anforderungen zu dokumentieren und ggf. durch weiterführende Maßnahmen bei Abweichungen außerhalb einer tolerierten Bandbreite sicherzustellen. • ist der Baufortschritt zu dokumentieren und zu kartieren. <p>Liegen die Anforderungen nicht mehr im Rahmen einer tolerierten Bandbreite, sind Konsequenzenanalysen und Bewertungen der neuen Sachlage in gesonderten Verfahren vorzunehmen.</p>			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.1.08.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.1.08	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Qualitätssicherung			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Insgesamt wird durch Qualitätssicherungsmaßnahmen erreicht, dass die eingesetzten Materialien und die geplanten Bauwerke (Schachtverschluss, Streckenversatz, Streckenverschlüsse, alle Dichtelemente usw.) entsprechend der Planung die definierten Eigenschaften aufweisen. Nur mit diesen Qualitätssicherungsmaßnahmen ist im Sinne der Eurocodes des Bauwesens ein Tragfähigkeitsnachweis mit der zugrunde gelegten Sicherheit gegen Versagen zu realisieren.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Das FEP ist auf die Bauphasen und die Zeitdauer einer möglichen Überwachung beschränkt.			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i>	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i>	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen.		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen.	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen.		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen.	
<i>Bemerkungen:</i> Das Einhalten der Anforderungen und eventuelle Abweichungen zu dokumentieren sind zu bewerten und anschließend sind in einem gesonderten Verfahren die Konsequenzen aufgrund der Abweichungen zu analysieren. Dies gilt für Materialien im besonderen, aber auch für Bauwerke, technische Einrichtungen und für die angelieferten Abfallgebände samt Inventar.			
<i>Literaturquellen:</i> DIN EN 1990:2002: Grundlagen der Tragwerksplanung, CEN – Europäisches Komitee für Normung, Brüssel, 2002 EN ISO 9001:2000: Qualitätsmanagementsysteme, Anforderungen, CEN – Europäisches Komitee für Normung, Brüssel, 2000			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.1.09.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.1.09	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Betriebsablauf			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Es wird die zeitliche Abfolge von Ereignissen und Aktivitäten während der Auffahrung, der Errichtung, des Einlagerungsbetriebs und des Verschlusses/Versatzes beschrieben.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input checked="" type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.1.09.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.1.09	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Betriebsablauf			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Keine			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Die zeitlichen Abläufe der Auffahrung, der Errichtung, des Einlagerungsbetriebs und der Schließung (Verschluss/Versatz der Grubenbaue) sind Bestandteil der Betriebsphase und könnten die Nachbetriebsphase beeinflussen. Eventuelle negative Einflüsse der zeitlichen Abfolge auf die Nachbetriebsphase (z.B. Verzögerungen im Betriebsablauf der Schließung) sind gegenwärtig durch eine entsprechende Planung und Auslegung des Endlagers auszuschließen.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Aufgrund der gewählten Endlagerauslegung und des Einlagerungskonzeptes sind keine negativen Konsequenzen aus der zeitlichen Abfolge von Einlagerungsbetrieb und Schließung für die Nachbetriebsphase zu erwarten.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Das FEP ist zeitlich beschränkt bis zum Verschluss des Endlagers.			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i>	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i>	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen.		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen.	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen.		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen.	
<i>Bemerkungen:</i> Keine			
<i>Literaturquellen:</i>			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.1.10.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.1.10	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Behördliche Überwachung			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Das FEP beschreibt von Behörden angeordnete, im Auftrag von oder durch Behörden selbst durchgeführte Überwachungsmaßnahmen, die während der Betriebsphase des Endlagers durchgeführt werden und ggf. auch auf die Nachbetriebsphase ausgedehnt werden können.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input checked="" type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.1.10.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.1.10	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Behördliche Überwachung			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Eine behördliche Überwachung findet während des Einlagerungsbetriebes des Endlagers bis zum Verschluss des Endlagerbergwerks statt. In der Nachbetriebsphase ist eine Überwachung der Einhaltung der Schutzziele über einen gewissen Zeitraum nach Verschluss zur Beweissicherung wahrscheinlich. In der Betriebsphase dokumentieren und belegen behördliche Überwachungsmaßnahmen den genehmigungskonformen Betrieb des Endlagers bzw. zeigen Abweichungen auf. Behördliche Überwachungen können Messungen des Endlagerbetreibers im Rahmen von Qualitätssicherungsmaßnahmen begleiten und/oder ergänzen.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Am Referenzstandort wird derzeit für die wartungsfreie Nachbetriebsphase keine behördliche Überwachung als notwendig angesehen. Eine behördliche Überwachung der Einhaltung der Schutzziele in der Nachbetriebsphase kann jedoch aus gesellschaftlichen und politischen Gründen angeordnet werden.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> In der Nachbetriebsphase durchgeführte behördliche Überwachungsmaßnahmen haben keine Auswirkungen auf das Endlager und das FEP braucht nicht berücksichtigt zu werden.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Zeitraum der Durchführung der behördlichen Überwachungsmaßnahmen, sofern sie in der Nachbetriebsphase durchgeführt werden.			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i>	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i>	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen.		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen.	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen.		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen.	
<i>Bemerkungen:</i> Keine			
<i>Literaturquellen:</i>			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.1.10.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.1.10	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Behördliche Überwachung			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.1.11.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.1.11	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Begleitendes Messprogramm			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Dieses FEP beschreibt den Umfang der Messtätigkeiten während der Errichtung, der Betriebsphase und des Verschlusses des Endlagers.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input checked="" type="checkbox"/> Randbedingung			<input type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.1.11.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.1.11	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Begleitendes Messprogramm			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Das begleitende Messprogramm ist eine Überwachungsmaßnahme zur Beweissicherung von Einflussgrößen, die den Langzeitsicherheitsnachweis betreffen können. Bei der Stilllegung des Endlagers müssen z.B. beim Einbau der Schacht- und Streckenverschlüsse sowie beim Versetzen der Grubenbaue die Anforderungen an diese Bauwerke aus dem Langzeitsicherheitsnachweis erfüllt werden. Durch ein den Bauprozess begleitendes Messprogramm sind die Bauzustände als Beweissicherung zu überwachen und zu dokumentieren. Die messtechnische Überwachung der Bauzustände dient der Einhaltung der Eigenschaften (Abmessungen, Lage von Schacht- und Streckenverschlüssen, Materialeigenschaften,...) in den Bauzuständen. Die Beweissicherung von Einflussgrößen für den Langzeitsicherheitsnachweis umfasst u.a. die Ausführung des Versatzes und das Einhalten der Einbringgeschwindigkeit, die Ausführung der Widerlager und Dichtelemente sowie die Überprüfung der erreichten Eigenschaften im Vergleich mit den geforderten Eigenschaften.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Für den Referenzstandort ist ein geeignetes Messprogramm zu entwickeln und festzulegen. Die Messwerte werden aufgenommen und dokumentiert. Das begleitende Messprogramm bestätigt entweder die Einhaltung der Anforderungen oder es zeigt Abweichungen von den geforderten Eigenschaften bzw. Parametern auf, die im Rahmen der Qualitätssicherung auszuwerten und zu bewerten sind.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Die begleitenden Messungen selbst haben keinerlei Auswirkungen. Die Bewertung der Messergebnisse erfolgt im Rahmen der Qualitätssicherung. Die Auswirkungen sind im FEP „Qualitätssicherung“ beschrieben.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i>	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i>	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen.		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen.	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen.		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen.	

<i>FEP-Nr.:</i> 1.1.11.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.1.11	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Begleitendes Messprogramm			
<i>Bemerkungen:</i> Das FEP wird im Rahmen der Qualitätssicherung (FEP „Qualitätssicherung“) berücksichtigt.			
<i>Literaturquellen:</i>			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.1.11.02	<i>NEA-Nr.:</i> 1.1.11	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Monitoring			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Als Monitoring wird die Gesamtheit der Maßnahmen zur Überwachung des Endlagers nach dessen Verschluss bezeichnet.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input checked="" type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.1.11.02	<i>NEA-Nr.:</i> 1.1.11	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Monitoring			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Keine			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Es ist anzunehmen, dass nach dem Verschluss des Endlagers Messungen zur Überwachung bestimmter Umweltparameter durchgeführt werden. Solche Messungen werden jedoch nicht Bestandteil des technischen Endlagerkonzepts sein, sondern könnten aufgrund von sozialwissenschaftlichen Aspekten eingeführt werden. Für die zukünftige Entwicklung des Endlagers, das nach dem Verschluss wartungsfrei ist, ist das Monitoring nicht von Belang.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Keine			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i>	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i>	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Bemerkungen:</i> Keine			
<i>Literaturquellen:</i>			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.1.12.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.1.12	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Event		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Unplanmäßige Ereignisse in der Betriebsphase			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Dieses FEP umfasst unvorhergesehene Ereignisse in der Betriebsphase, die Auswirkungen auf die Barriereigenschaften des Wirtsgesteins haben können.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input checked="" type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input checked="" type="checkbox"/> indirekt <input type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.1.12.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.1.12	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Event		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Unplanmäßige Ereignisse in der Betriebsphase			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i>			
<p>Unplanmäßige Ereignisse in der Betriebsphase wie Schachtunfälle und Unfälle bei der Einlagerung in Strecken und Bohrlöchern sind zwar auf die Betriebsphase beschränkt, allerdings können die Auswirkungen einen Einfluss auf die Nachbetriebsphase haben und müssen ggf. berücksichtigt werden.</p> <p>Im Rahmen einer Störfallanalyse für das geplante Endlager Konrad konnte gezeigt werden, dass durch die entsprechende Auslegung der Schachtförderanlage die Ereignisse</p> <ul style="list-style-type: none"> • Absturz der Abfallgebände bei der Beschickung des Förderkorbes • Absturz von Abfallgebänden bei der Förderung nach unter Tage • Absturz schwerer Lasten auf Abfallgebände im Förderkorb • Thermische Einwirkungen auf Abfallgebände infolge anlageninternem Brand <p>vermieden werden können, so dass sie nur noch der Störfallklasse 2 (INES) zugeordnet werden müssen. Die Auslegungsmaßnahmen umfassen u.a.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verriegelungen • Achtseilförderanlage • Arretierung des Plateauwagens • Auslegung der Bremsen <p>Ein Absturz des Korbes ist dem Restrisiko zuzuordnen (<i>BfS, 2002</i>).</p> <p>Brände unter Tage im Bereich des Schachtes/Füllortes werden als Vollbrand eines LKW berücksichtigt.</p> <p>Ein Brand im Schacht oder Füllort kann infolge der thermischen Expansion des Wirtsgesteins in der erwärmten Schachtwand die Spannungsverhältnisse auch in größerer Entfernung vom Schacht verändern. Wenn dabei Spannungen oberhalb der Dilatanzgrenze auftreten, kann die Integrität des Wirtsgesteins verletzt werden. Im Bereich der beim Verschluss des Endlagers einzubauenden Schachtdichtung könnte dann die Möglichkeit für eine Umströmung der Schachtdichtung durch aufgelockerte Wirtsgesteinspartien bestehen, sofern die Integrität nicht wieder hergestellt wird. Das Ausmaß der Integritätsbeeinträchtigung wird als gering eingeschätzt, da die Auswirkungen nur lokal begrenzt sind.</p> <p>Bei der Einlagerung der Gebinde sind keine weiteren Störfälle zu betrachten, weil keine Hub- und Transportprozesse durchgeführt werden, die in den Störfallanalysen nicht schon berücksichtigt worden sind und somit keine Einwirkungen auf die Behälter auftreten können, für die sie nicht ausgelegt worden sind.</p>			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i>			
<p>Im Rahmen einer standortbezogenen Störfallanalyse ist nachzuweisen, dass bei entsprechender technischer Auslegung der Einrichtungen keine für die Nachbetriebsphase relevanten Störfälle eintreten können, die die Langzeitsicherheit des Endlagers gefährden können. Störfälle können daher dem Restrisiko zugeordnet werden.</p>			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i>			
<p>Die Auswirkungen unplanmäßiger Ereignisse in der Betriebsphase sind vernachlässigbar, da im Rahmen des Genehmigungsverfahrens der Nachweis erbracht werden muss, dass aufgrund solcher Ereignisse keine negativen Auswirkungen auf die Nachbetriebsphase und somit auf die Langzeitsicherheit des Endlagers zu erwarten sind.</p>			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.1.12.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.1.12	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Event		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Unplanmäßige Ereignisse in der Betriebsphase			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Das FEP selbst ist auf den Zeitraum bis zum Verschluss des Endlagers beschränkt. Die Wirkungen erstrecken sich durch veränderte Randbedingungen durch die Unfallfolge aber auch auf die Nachbetriebsphase.			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i>	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i>	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen.		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen.	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen.		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen..	
<i>Bemerkungen:</i> Keine			
<i>Literaturquellen:</i> BfS (2002): Planfeststellungsbeschluss für die Errichtung und den Betrieb des Bergwerkes Konrad in Salzgitter			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.1.12.02	<i>NEA-Nr.:</i> 1.1.12	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Event		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Kokillensticking und -absturz			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Kokillensticking bezeichnet das Verkanten oder Abstürzen einer Kokille beim Absenken ins Einlagerungsbohrloch vor Erreichen der Einlagerungsteufe, so dass die bestimmungsgemäße Einlagerungsposition nicht erreicht wird und die Kokille nicht mehr aus dem Bohrloch entfernt werden kann.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input checked="" type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.1.12.02	<i>NEA-Nr.:</i> 1.1.12	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Event		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Kokillensticking und -absturz			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> In einem Einlagerungsbohrloch, in dem eine Kokille nicht in ihre vorgesehene Einlagerungsposition gebracht werden kann, wird der verbleibende Hohlraum oberhalb der Kokille mit Salzgrus versetzt. Insgesamt ist dadurch mehr Versatz für ein Bohrloch nötig, als wenn alle Kokillen planmäßig eingelagert worden wären.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Beim Verkanten oder Abstürzen einer Kokille im Bohrloch vor Erreichen ihrer Einlagerungsteufe verbleibt ein Hohlraum unterhalb der Kokille, der Einfluss auf den Spannungszustand und die Wärmeabfuhr im Wirtsgestein hat, da auch davon ausgegangen werden muss, dass dieser Hohlraum nicht mehr planmäßig mit Salzgrus versetzt werden kann.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Kokillensticking hat keine negativen Auswirkungen, die einen Langzeitsicherheitsnachweis unmöglich machen können. Es verbleibt unterhalb der nicht planmäßig eingelagerten Kokille ein Hohlraumvolumen, wodurch ein größeres Porenvolumen im Einlagerungsbohrloch resultiert.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Das FEP selbst ist auf den Zeitraum bis zum Verschluss des Endlagers beschränkt. Die Wirkungen durch das Kokillensticking erstrecken sich durch veränderte Randbedingungen aber auch auf die Nachbetriebsphase.			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Technische Einrichtungen Konvergenz	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Porosität Kanalisation	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Wird berücksichtigt.		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen.	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen.		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen.	
<i>Bemerkungen:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.1.12.02	<i>NEA-Nr.:</i> 1.1.12	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Event		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Kokillensticking und -absturz			
<i>Literaturquellen:</i>			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.1.13.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.1.13	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Rückholbarkeit			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Rückholbarkeit bezeichnet die durch besondere Maßnahmen vorgesehene Möglichkeit, die eingelagerten Abfälle aus dem Endlager zurückzuholen.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input checked="" type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.1.13.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.1.13	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Rückholbarkeit			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> In den Endlagerkonzeptionen einiger Länder werden technische Maßnahmen vorgesehen, die es innerhalb eines vorgegebenen Zeitraumes von z.B. 100 Jahren nach der Stilllegung erlauben, die eingelagerten Abfälle aus dem Endlager zurück zu holen. Je nach Art der Maßnahmen zum Erhalt der Zugänglichkeit könnte eine lokale und temporäre Einschränkung der Barrierewirksamkeit damit verbunden sein.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Die Rückholbarkeit der eingelagerten Abfälle ist im Endlagerkonzept für den Referenzstandort nicht vorgesehen, (ISIBEL, 2007).			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> entfällt			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> entfällt			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i>	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i>	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen.		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen.	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen.		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen.	
<i>Bemerkungen:</i> Keine			
<i>Literaturquellen:</i> ISIBEL (2007): ISIBEL Abschlussbericht „Überprüfung und Bewertung des Instrumentariums für eine sicherheitliche Bewertung von Endlagern für HAW“, Aufgabenpaket AP 1.2 Konzeptionelle Endlagerplanung			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.2.01.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.2.01	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Neotektonische Vorgänge			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Neotektonische Vorgänge sind Bewegungen und Änderungen der Kräfte in der Erdkruste, die im gegenwärtig herrschenden tektonischen Regime Krustenspannungen und Deformationsstrukturen erzeugen und die den derzeit vorherrschenden Deformationszustand einer Region charakterisieren.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input checked="" type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.2.01.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.2.01	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Neotektonische Vorgänge			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> <p>Der Begriff Neotektonik wurde erstmalig von OBRUTSCHEW (1937) definiert, der darunter die Deformationen der Erdkruste verstand, die zwischen dem Ende des Tertiärs und der ersten Hälfte des Quartärs stattgefunden haben. Andere Wissenschaftler verwenden den Begriff für spröde und duktile Deformationen, die den Zeitabschnitt Neogen bis Gegenwart umfassen. Wie weit der mit der Vorsilbe "neo" bezeichnete Zeitraum der "jüngeren" Deformationgeschichte in die geologische Vergangenheit zurückreicht, wird bislang sehr unterschiedlich gehandhabt. Eine neotektonische Deformationsphase kann bereits in der geologischen Vergangenheit eingesetzt haben und unter den gleichen Rahmenbedingungen bis in die Gegenwart andauern. Dies bedeutet, dass, abhängig vom tektonischen Regime, neotektonische Deformationsphasen in unterschiedlichen Regionen zu verschiedenen Zeiten begonnen haben können und je nach Region, unter der Voraussetzung eines unveränderten tektonischen Spannungsfeldes, unterschiedlich lange Zeiträume umfassen (Lexikon der Geowissenschaften. Instr-Nor (2001). Im Spannungsfeld wirksame Zug- und Scherspannungen können das Deck- und Nebengebirge tektonisch beeinflussen. Dabei entstehende Störungssysteme sind in der Lage, lokal die Durchlässigkeiten von Sedimentschichten entlang der Störungsflächen zu erhöhen. Der Versatz von Grundwasser hemmenden Schichten vermag die Fließrichtungen im Deck- und Nebengebirge zu verändern und je nach den strukturellen Gegebenheiten die Durchlässigkeiten der Aquifere insgesamt zu erhöhen oder zu erniedrigen.</p>			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Das regionale Spannungsfeld im norddeutschen Tiefland wird von GRÜNTAL, STROMEYER (1995) beschrieben. Danach existieren am Referenzstandort keine ausgeprägten neotektonischen Vorgänge, die auf hochaktive und mobile Krustenteile hinweisen.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Keine			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Die Zeiträume die für die Ausbildung tektonischer Strukturen benötigt werden, liegen über dem Nachweiszeitraum von einer Million Jahren.			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i>	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i>	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen	

<i>FEP-Nr.:</i> 1.2.01.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.2.01	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Neotektonische Vorgänge			
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Bemerkungen:</i> Das FEP ist im Nachweiszeitraum nicht relevant und es gibt keine schlüssigen Hinweise auf neotektonische Einflüsse, die innerhalb des Beobachtungszeitraums wirksam werden könnten. Das FEP muss daher nicht berücksichtigt werden.			
<i>Literaturquellen:</i> GRÜNTAL, G. & STROMEYER, D. (1995): Rezentes Spannungsfeld und Seismizität des baltischen Raumes und angrenzender Gebiete - ein Ausdruck aktueller geodynamischer Prozesse.-- Brandenburgische Geowiss. Beitr., 2.2 : 69-76, 2 Abb., 1 Tab.; Kleinmachnow. Lexikon der Geowissenschaften. Instr-Nor (2001).-- Spektrum Akad. Verl. Heidelberg, Bd. 3 ; Berlin - ISBN 3-8274-0422-3. OBRUTSCHEW, W. A. (1937): Das frühe Relief Sibiriens. (In: MURAWSKI, H. (Hrsg.): Deutsches Handwörterbuch der Tektonik, 9. Lieferung 1982; BGR (früher: Bundesanstalt für Bodenforschung, Hannover)).-- Sb. posw. W. I. Wernadskomu; Isd. AN SSSR, Moskau (in Russ.), 2 : 955-974; Moskau.			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.2.01.02	<i>NEA-Nr.:</i> 1.2.01	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Orogenese			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Orogenese bedeutet Gebirgsbildung.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input checked="" type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.2.01.02	<i>NEA-Nr.:</i> 1.2.01	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Orogenese			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Orogenese stellt eine besondere Art der Tektogenese dar (MURAWSKI 1982). Eine Orogenese beinhaltet zunächst die Entstehung eines Senkungsgebiets aus dem sich ein Orogentrog entwickelt, in dem sich kilometermächtige Sedimentstapel akkumulieren können. Durch einengende tektonische Vorgänge werden die Sedimente verformt, d. h. gefaltet und später möglicherweise als neues Gebirge herausgehoben. Beispiele sind die variskische und die alpine Orogenese.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Die augenblicklichen, für Norddeutschland maßgeblichen Spannungszustände weisen seit dem Ausklingen der alpidischen Orogenese in Mitteleuropa keine hohen Werte auf. Dies wird am Referenzstandort z. B. indirekt durch die durchschnittlich geringen Aufstiegsraten des Salzstocks während der letzten Million Jahre angezeigt.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Keine Auswirkungen im Nachweiszeitraum von 1 Mill. Jahre.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Bei der Entwicklung eines Orogens wirken sich die Phasen Einsenkung, Trogbildung und Einengung mit anschließender Faltung erst 100 Mill. Jahre nach Ablauf des Nachweiszeitraums aus.			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i>	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i>	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Bemerkungen:</i> Keine			
<i>Literaturquellen:</i> MURAWSKI, H. (1982): Deutsches Handwörterbuch der Tektonik.-- Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), 1. - 9. Lieferung; Hannover.			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.2.01.02	<i>NEA-Nr.:</i> 1.2.01	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Orogenese			
<i>FEP-Nr.:</i> 1.2.01.03	<i>NEA-Nr.:</i> 1.2.01	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Senkung der Erdkruste			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Die Senkung der Erdkruste ist ein Teil der Epirogenese und bezeichnet eine über lange geologische Zeiträume andauernde, weitspannige Abwärtsbewegung, bei der das Gesteinsgefüge intakt bleibt.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input checked="" type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input checked="" type="checkbox"/> indirekt <input type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.2.01.03	<i>NEA-Nr.:</i> 1.2.01	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Senkung der Erdkruste			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Die Ausdehnung von epirogenetisch verursachten Aufwölbungen oder Einsenkungen der Erdkruste beträgt zwischen einigen zehn bis zu mehreren tausend Kilometer. [Lexikon der Geowissenschaften. Edu-Insti (2000)].			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Die heutige Landoberfläche des Gebietes am Referenzstandort liegt überwiegend höher als 15 m ü. NN (Höhe: 76 m). Die Absenkung der Landoberfläche beträgt im Mittel ca. 0,01 mm/Jahr (vgl. LUDWIG 2001; LUDWIG, SCHWAB 1995), was 10 m/1 Mill. Jahre entspricht, würde das Meer in einer Million Jahren nur innerhalb des Elbetals vordringen. Eine Überflutung von Teilbereichen des Salzstockes am Referenzstandort ist aufgrund dieser einfachen rechnerischen Überlegungen jedoch nicht auszuschließen. Sie ist sogar wahrscheinlich, wenn die Erosionsleistung des vordringenden Meeres und die Erosion der Landoberfläche mit berücksichtigt werden. Weiterhin bleibt die Sedimentfracht der Elbe zu beachten, die beim Auftreffen auf das Meer zu einem großen Teil zur Ablagerung kommt. Diese würde die geringe Absenkung des Geländes durch Auffüllung kompensieren.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Die geringe epirogene Absenkung wird aufgrund der zu erwartenden Sedimentation zu einer geringen Erhöhung der Deckgebirgsmächtigkeiten führen. Rein rechnerisch würde sich die Deckgebirgsmächtigkeit um ca. 10 m erhöhen, wenn die Absenkung vollständig kompensiert wird. Dadurch verlängern sich die hydraulisch wirksamen Wege von der Deckgebirgsbasis (Salzspiegel) bis zur Oberfläche (Biosphäre). Zudem geht bei einer teilweisen Überflutung des Geländes, ebenso wie bei einer Erosion von heutigen Hochlagen, das hydraulische Potential verloren, d. h. die Grundwassergeschwindigkeit verringert sich. Durch eine Absenkung der Sedimentschichten könnten prinzipiell aufgrund sich ändernder Temperatur- und Druckverhältnisse auch diagenetische Prozesse wie der Verschluss von Porenräumen durch Kompaktion, Zementation oder Kristallisation möglich sein, die dann die Permeabilität der Sedimente verringern. Aus der Erhöhung des Überlagerungsdruckes ergibt sich ein verändertes Spannungsfeld im Salzstock. Die erwartete Absenkung ist aber zu gering, um solche Auswirkungen im Wirtsgestein oder Deckgebirge wirksam werden zu lassen. Epirogenetische Bewegungen können, auch im Zusammenhang mit klimatisch bedingten eustatischen Meeresspiegelschwankungen, marine Transgressionen und Regressionen von großem Ausmaß verursachen. Wesentliche Umgestaltungen der Landoberfläche und die davon ausgehenden Auswirkungen sind aber nur in sehr ferner geologischer Zukunft (>1.000.000 Jahre) zu erwarten (s. a. KOCKEL 2002).			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Gleichförmiger, lang andauernder Prozess in der Größenordnung von bis zu mehreren zehner Millionen Jahren.			
<u>Abhängigkeiten:</u>			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.2.01.03	<i>NEA-Nr.:</i> 1.2.01	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Senkung der Erdkruste			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i>	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i>	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Bemerkungen:</i> Keine			
<i>Literaturquellen:</i> KOCKEL, F. (2002): Rifting processes in NW-Germany and the German North Sea Sector.-- Netherlands Journal of Geosciences / Geologie en Mijnbouw, 81 (2): 149-158, 4 Fig., 1 Tab.; Utrecht/Niederlande. Lexikon der Geowissenschaften. Edu-Insti (2000).-- Spektrum Akad. Verl. Heidelberg, Bd. 2; Berlin - ISBN 3-8274-0421-5. LUDWIG, A. O. (2001): Vertical movements since the beginning of Rupelian stage (map 1). (In: GARETSKY, R. G. et al. (Hrsg.): Neogeodynamics of the Baltic Sea Depression and Adjacent Areas. Results of IGCP Project 346).-- Brandenburgische Geowiss. Beitr., 8, 1: 5-12, 4 Fig.; Kleinmachnow. LUDWIG, A. O. & SCHWAB, G. (1995): Neogeodynamica Baltica - ein internationales Karten- projekt (IGCP-Projekt Nr. 346). Deutsche Beiträge zur Charakterisierung der vertikalen Bewegungen seit Beginn des Rupelian (Unteroligozän) bzw. seit Ende der Holstein-Zeit.-- Brandenburgische Geowiss. Beitr., 2.2: 47-57, 4 Abb.; Kleinmachnow.			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.2.01.04	<i>NEA-Nr.:</i> 1.2.01	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Hebung der Erdkruste			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Die Hebung der Erdkruste ist ein Teil der Epirogenese und bezeichnet eine über lange geologische Zeiträume andauernde, weitspannige Aufwärtsbewegung, bei der das Gesteinsgefüge intakt bleibt.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input checked="" type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input checked="" type="checkbox"/> indirekt <input type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.2.01.04	<i>NEA-Nr.:</i> 1.2.01	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Hebung der Erdkruste			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Die Ausdehnung von epirogenetisch verursachten Aufwölbungen oder Einsenkungen der Erdkruste beträgt zwischen einigen zehn bis zu mehreren tausend Kilometer. [Lexikon der Geowissenschaften. Edu-Insti (2000)]. Hebungen, die nach dem Abtauen von mächtigem Inlandeis als Ausgleichsbewegungen der Erdkruste ablaufen und denen entsprechende Absenkungen durch die Eisauflast vorangegangen sind, werden im FEP Krustendeformation betrachtet.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Epirogene Bewegungen laufen sehr langsam ab. Für Norddeutschland sind Bewegungsraten von durchschnittlich 0,01 mm/Jahr (vgl. KELLER 1990: Tab. 7 und JARITZ 1995:396) festgestellt worden. Momentan befinden sich die nordöstlichen Teile der Norddeutschen Tiefebene mit dem Referenzstandort in einem Abwärtstrend. Weitere detaillierte Angaben finden sich z. B. bei LUDWIG, SCHWAB (1995).			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Die Hebung der Erdkruste ermöglicht eine Erosion vorhandener Gesteins- und Sedimentfolgen und damit auch eine Ablaugung von Salzgesteinen. Wird eine epirogenetische Hebung des Gebietes am Referenzstandort von 0,01 mm/Jahr unterstellt, so macht dies insgesamt 1 m in den nächsten hunderttausend bzw. 10 m in einer Million Jahren aus. Ein solch geringer Betrag würde die hydraulischen Verhältnisse nur wenig beeinflussen, da die Morphologie als "Motor" für Grundwasserbewegungen nicht wesentlich verändert wird. Ohne eine zusätzliche Umgestaltung der Landschaft durch z. B. eine für die nächsten hunderttausend Jahre prognostizierte Kaltzeit würden sich die Laufzeiten der Radionuklide von der Basis des Deckgebirges bis zur Erdoberfläche daher nur geringfügig verändern. Angehobene Sedimentschichten unterliegen aber verstärkt einer Erosion. Damit gerät der Salzstock durch eine Verringerung der Deckschichten prinzipiell in den Bereich höherer Grundwasserdynamik, die eine Erhöhung der Salzablaugung verursachen kann.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Der Prozess ist lang andauernd. Die Größenordnung liegt im Bereich von 500.000 Jahre bis 1.000.000 Jahre und mehr (GERARDI, WILDENBORG 1999: 81 und VAN DEN BERG 1994).			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i>	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i>	

<i>FEP-Nr.:</i> 1.2.01.04	<i>NEA-Nr.:</i> 1.2.01	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Hebung der Erdkruste			
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Bemerkungen:</i> Das FEP wird nicht berücksichtigt, da der Standort sich gegenwärtig absenkt und die denkbaren Beeinflussungen von Nahfeld, Wirtsgestein und Deckgebirge durch das FEP Erosion (flächenhaft) abgedeckt sind.			
<i>Literaturquellen:</i> GERARDI, J. & WILDENBORG, A. B. F. (1999): Langzeitprognose der Auswirkungen klimagesteuerter geologischer Prozesse auf die Barrieren des Endlagers Morsleben.-- BGR, unveröffentl. Ber., 117869 : 144 S., 95 Abb., 20 Tab., 24 Anl.; Hannover. JARITZ, W. (1995): The history of the Gorleben site as a basis for predicting the long-term behaviour of a barrier system. (In: BEAUDOIN, B.; GODEFROY, P. & MOUROUX, B. (eds.): Actes du Colloque GEOPROSPECTIVE, 18-19 april 1994).-- UNESCO: 393-408, 3 Abb., 1 Tab.; Paris. KELLER, S. (1990): Das Ablaugungsverhalten der Salzstöcke in NW-Deutschland (Abschl.-Ber. des BMFT-Förderungsvorhabens KWA 5801 9 "Langzeitsicherheit der Barriere Salzstock", Teilprojekt III).-- BGR, unveröffentl. Ber., 106570 : 87 S., 17 Abb., 9 Tab., 3 Anl.; Hannover. LUDWIG, A. O. & SCHWAB, G. (1995): Neogeodynamica Baltica - ein internationales Kartenprojekt (IGCP-Projekt Nr. 346). Deutsche Beiträge zur Charakterisierung der vertikalen Bewegungen seit Beginn des Rupelian (Unteroligozän) bzw. seit Ende der Holstein-Zeit.-- Brandenburgische Geowiss. Beitr., 2.2 : 47-57, 4 Abb.; Kleinmachnow. VAN DEN BERG, M. (1994): Neo-tectonics of the Roer Valley rift system. Style and rate of crustal deformation inferred from syntectonic sedimentation.-- Geol. En Mijnbouw, Vol. 73 : 143-156; Amsterdam/NL.			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.2.02.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.2.02	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Lokale Differenzialbewegungen im Deck- und Nebengebirge			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Lokale Differenzialbewegungen im Deck- und Nebengebirge sind Auf- oder Abwärtsbewegungen des Gebirges und im Gegensatz zu den weitspannigen Bewegungen der Epirogenese durch kleinräumige Unterschiede in den Verschiebungsbeträgen gekennzeichnet.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input checked="" type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.2.02.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.2.02	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Lokale Differenzialbewegungen im Deck- und Nebengebirge			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i>			
<p>Im Bereich über dem Salzstock können durch Bewegung des Salzstocks (Scheitelgraben- und Randstörungen), durch diagenetische oder subrosive (Erdfälle, Subrosionssenken) Vorgänge und als Folge der Wärmeproduktion hochaktiver Abfälle (Hebung der Erdoberfläche über Einlagerungsbereiche) lokale Differenzialbewegungen auftreten. Sie können bruchhaft oder elastisch erfolgen.</p> <p>Halokinese bewirkt eine Verstellung der Deck- und Nebengebirgsschichten und damit Veränderungen des Erosions- und Sedimentationsgeschehens durch Hebung/Absenkung der Erdoberfläche. Die Ausbildung eines Scheitelgrabens ist dabei möglich.</p> <p>Die von den Abfällen ausgehende Wärmeentwicklung kann lokal über den Einlagerungsbereichen für eine kurze Zeit von max. Zehntausend Jahren zur Hebung des Deckgebirges um einige Meter führen.</p> <p>Subrosive Prozesse bewirken lokal eine Ab- und Einsenkung der Erdoberfläche, die durch neue Sedimente aufgefüllt werden. Erdfälle können veränderte Transportpfade in der Geosphäre bedeuten, wenn durch Erdfälle ursprünglich voneinander getrennte Aquifere eine Verbindung bekommen.</p>			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i>			
<p>Differenzialbewegungen an den Flanken und im Deckgebirge des Salzstocks durch den Aufstieg des Salzstocks sind lokal nachgewiesen (BORNEMANN, BEHLAU et al. 2004; ZIRNGAST 1991a, 1991b, 1996, 2004; ZIRNGAST, ZWIRNER et al. 2004). Im Deckgebirge über dem Salzstock existieren Erdfälle und eine Subrosionssenke, die in der geologischen Vergangenheit entstanden. Sie sind heute mit den Sedimenten der jüngeren Kaltzeiten gefüllt. Differenzialbewegungen aufgrund einer Diagenese von Lockersedimenten des Deckgebirges sind in den nächsten Millionen Jahren am Referenzstandort wegen einer fehlenden starken Absenkung der Erdkruste nicht zu erwarten.</p> <p>Die durch die Abklingwärme der eingelagerten Abfälle bedingte Ausdehnung des Salzkörpers und damit einhergehende Anhebung des Deckgebirges wird sich in einer Größenordnung von wenigen Metern bewegen.</p>			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i>			
Die Auswirkungen von Differenzialbewegungen können die Strömungsverhältnisse im Deck- und Nebengebirge beeinflussen.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i>			
Die das FEP verursachenden Prozesse treten entweder kurzfristig auf und sind reversibel (Wärme bedingt: < 10.000 J.), oder sie sind mittel- (subrosiv: > 10.000 J.) oder langfristiger Natur und haben bleibende Auswirkungen (halokinetisch: > 1 Mill. J.).			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i>	
Inlandvereisung in randlicher Lage, Vollständige Inlandvereisung, Konvergenz, Therm. Expansion u. Kontraktion		Erkundungssohle, Grubengebäude, Diapirismus, Subrosion, Wirtsgestein, Störungen u. Störungszonen	

<i>FEP-Nr.:</i> 1.2.02.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.2.02	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Lokale Differenzialbewegungen im Deck- und Nebengebirge			
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Erosion, Sedimentation, Wegsamkeiten in Erkundungsbohrungen, Deck- u. Nebengebirge, Störungen u. Störungszonen, Geosphäre: Eigenschaften der Transportpfade, Geosphäre: Grundwasserströmung, Topographie und Morphologie, Aquifere, Oberflächengewässer	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Wird berücksichtigt	
<i>Bemerkungen:</i> Zu wärmebedingten Differentialbewegungen werden im FEP <i>Wärmebedingte Hebung/Senkung des Deckgebirges</i> Ausführungen gemacht.			
<i>Literaturquellen:</i> BORNEMANN, O.; BEHLAU, J.; KELLER, S.; MINGERZAHN, G. & SCHRAMM, M. (2004): Projekt Gorleben, Standortbeschreibung Gorleben - Teil III: Ergebnisse der Erkundung des Salinars. Abschlussbericht zum AP G 412110000.-- BGR, unveröffentl. Ber.: 222 S., 29 Abb., 6 Tab., 4 Anl., 1 Anh.; Hannover. ZIRNGAST, M. (1991a): Die Entwicklungsgeschichte des Salzstocks Gorleben - Ergebnisse einer strukturgeologischen Bearbeitung.-- Geol. Jb., A 132 : 3-31, 17 Abb., 2 Tab., 1 Taf.; Hannover. ZIRNGAST, M. (1991b): Strukturgeologie der Umgebung des Salzstocks Gorleben.-- BGR, unveröffentl. Ber., 109027 : 57 S., 18 Abb., 2 Tab., 45 Anl.; Hannover. ZIRNGAST, M. (1996): The development of the Gorleben salt dome (northwest Germany) based on quantitative analysis of peripheral sinks. (In: ALSOP, G. I.; BLUNDELL, D. J. & DAVISON, I. (Eds.): Salt Tectonics).-- Geol. Soc. Sp. Publ., No. 100 : 203-226, 16 Fig., 2 Tab.; London. ZIRNGAST, M. (2004): Randsenkenanalyse des Salzstocks Rambow.-- BGR, unveröffentl. Ber., 0124291 : 10 S., 3 Tab., 1 Anl.; Hannover. ZIRNGAST, M.; ZWIRNER, R.; BORNEMANN, O.; FLEIG, S.; HOFFMANN, N.; KÖTHE, A.; KRULL, P. & WEISS, W. (2004): Projekt Gorleben. Schichtenfolge und Strukturbaue des Deck- u. Nebengebirges. Abschlussbericht.-- BGR, unveröffentl. Ber.: 570 S., 42 Abb., 32 Tab., 195 Anl., 1 Anh.; Hannover.			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.2.02.02	<i>NEA-Nr.:</i> 1.2.02	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Krustendeformation			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Verformung der Erdkruste, die nicht tektonisch bedingt ist, sondern als isostatische Ausgleichsbewegung nach einer Vergletscherung auftritt.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input checked="" type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input checked="" type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Wirtsgestein			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.2.02.02	<i>NEA-Nr.:</i> 1.2.02	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Krustendeformation			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i>			
<p>Durch exogene oder endogene Kräfte kann die Kruste deformiert werden. Während die Deformationen, die durch Mantelprozesse bewirkt werden (Epirogenese), als langperiodisch dauerhafte Hebungen und Senkungen verlaufen, ist die hier angesprochene Krustendeformation kurzzeitig reversibel. Diese isostatischen Ausgleichsbewegungen nach der letzten Kaltzeit sind heute noch in Skandinavien messbar.</p> <p>In Abhängigkeit von den Eismächtigkeiten werden durch das Gletschergewicht (Eis und Sedimentfracht) die Deckgebirgsschichten (Lockersedimente) deformiert. Bei einer vermuteten Eismächtigkeit von bis zu 3.000 m wird für die Kruste Skandinaviens ein Deformationsbetrag von ca. 750 m bis 1.000 m angenommen. Der Wiederaufstieg der Kruste, sofern eine isostatische Reaktion stattfindet, muss um diesen Betrag erfolgen.</p> <p>Hebungen führen generell zu einer Erosion der Erdoberfläche und damit zu einer Reduzierung der Deckgebirgsmächtigkeit. Bei einer auf Senkung beruhenden Deformation der Erdkruste kommt es zur Überflutung des Geländes und zur Ablagerung von neuen Sedimenten über dem bestehenden Deckgebirge.</p>			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i>			
<p>Das Inlandeis der letzten Kaltzeit erreichte den Referenzstandort nicht. Heute ablaufende isostatische Ausgleichsbewegungen sind am Referenzstandort nicht nachgewiesen bzw. lassen sich von sonstigen, aufgrund anderer Ursachen wie Diagenese, Epirogenese und Erosion bedingten Höhenveränderungen der Erdoberfläche nicht unterscheiden.</p> <p>Langperiodische Senkungen im Ausmaß von hundertstel Millimetern pro Jahr sind für die nächsten Million Jahre wahrscheinlich.</p>			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i>			
Keine			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i>			
<p>Die durch Eiszeiten bewirkten Spannungsveränderungen verlaufen kurzfristiger als die tektonische Krustendeformation (VENZLAFF et al. 1985). Während die endogen bewirkten Krustendeformationen langsam mit langer Prozessdauer von weit mehr als 10 Millionen Jahre ablaufen, kann die Eisauflast von Gletschern innerhalb des Beobachtungszeitraums von einer Million Jahre unter Berücksichtigung der Quartärgeschichte und Überlegungen zur zukünftigen klimatischen Entwicklung (GERARDI, WILDENBORG 1999; LOUTRE, BERGER 2000; RUDDIMAN 2001) mindestens einmal, wenn nicht mehrmals über dem Standort aufgebracht werden.</p>			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.2.02.02	<i>NEA-Nr.:</i> 1.2.02	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Krustendeformation			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i>	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i>	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Bemerkungen:</i> Die Auswirkungen sind geringfügig, so dass das FEP nicht berücksichtigt werden muss.			
<i>Literaturquellen:</i> GERARDI, J. & WILDENBORG, A. B. F. (1999): Langzeitprognose der Auswirkungen klimagesteuerter geologischer Prozesse auf die Barrieren des Endlagers Morsleben.-- BGR, unveröffentl. Ber., 117869 : 144 S., 95 Abb., 20 Tab., 24 Anl.; Hannover. LOUTRE, M.-F. & BERGER, A. (2000): Future climatic changes: are we entering an exceptionally long interglacial?-- Climatic Change, 46 : 61-90, 12 Fig.; Amsterdam/Netherlands. RUDDIMAN, W. F. (2001): Earth's climate: Past and Future.-- 1. Auflage: 465 S.; New York/USA (W. H. Freeman and Company).			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.2.02.03	<i>NEA-Nr.:</i> 1.2.02	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Grabenbildung (Taphrogenese)			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Grabenbildung (Taphrogenese) ist ein tektonischer Vorgang, der seine Ursachen in konvektiven Strömungen im Erdmantel hat.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input checked="" type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.2.02.03	<i>NEA-Nr.:</i> 1.2.02	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Grabenbildung (Taphrogenese)			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Die Wirkung von Druck und Temperatur im Erdinneren können die Erdkruste stark dehnen. Dabei entstehen meist langgestreckte Störungssysteme, und es bilden sich Gräben oder Grabenzonen. Das Einsinken der zentralen Grabenteile bei gleichzeitiger Heraushebung der Grabenrandbereiche (Schultern) wird durch Sedimentation mächtiger grob- und feinklastischer Abtragungsprodukte begleitet. Die tief reichenden Störungen ermöglichen einen Vulkanismus. Extreme Grabenbildung führt zur Abspaltung von Kontinentteilen und in diesem Zusammenhang zur Entstehung eines neuen Ozeanbodens. Mit der Entwicklung eines Grabens und seiner Störungssysteme könnte eine Änderung der Geländemorphologie und damit verbunden die Abflussrichtung von Oberflächen- und Grundwasser erfolgen. An tief reichenden Störungen wird der Aufstieg von Magmen ermöglicht, in deren Gefolge auch Erdbeben möglich sind. Das Deckgebirge über einem Salzstock wäre davon nur dann betroffen, wenn Störungen oder Magmen den Salzstock durchschlagen und bis zur Oberfläche aufsteigen. Beispiele für Gräben sind der Rheingraben mit dem Kaiserstuhl als ein ehemaliger Vulkan (SCHREIBER 1997) am Grabenrand und das Ostafrikanische Grabensystem, das die Abspaltung von Teilen Ostafrikas initiiert. Die Einsenkung des oberen Rheintalgrabens begann schon vor etwa 45 Millionen Jahre in der Mittel-Eozän-Zeit.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Am Referenzstandort sind bislang keine tiefgreifenden aktiven Störungen festgestellt worden (ZIRNGAST, ZWIRNER et al. 2004). Die seit Ende Miozän herrschenden Spannungszustände fördern nicht die Entstehung eines Grabensystems am Referenzstandort. Eine Grabenbildung ist damit am Referenzstandort nicht zu erwarten.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Keine			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Die Bildung von Gräben nimmt Zeiträume von weit mehr als 10 Mill. Jahre ein.			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i>	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i>	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen	

<i>FEP-Nr.:</i> 1.2.02.03	<i>NEA-Nr.:</i> 1.2.02	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Grabenbildung (Taphrogenese)			
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Bemerkungen:</i> Die Befunde am Referenzstandort zeigen, dass dort keine Grabenbildung abläuft. Deshalb wird das FEP nicht weiter betrachtet.			
<i>Literaturquellen:</i> SCHREIBER, U. (1997): Die Entwicklung eines konjugierten Schersystems mit Blockrotation, Grabenbildung und Vulkanismus zwischen Alpen und Nordatlantik im Känozoikum. (In: BÜCHEL, G. (Hrsg.): Regionale Geologie von Mitteleuropa).-- Schriftenreihe der Deutschen Geologischen Gesellschaft (DGG), 2 : S. 103; Hannover - ISBN 3-932537-00-9. ZIRNGAST, M.; ZWIRNER, R.; BORNEMANN, O.; FLEIG, S.; HOFFMANN, N.; KÖTHE, A.; KRULL, P. & WEISS, W. (2004): Projekt Gorleben. Schichtenfolge und Strukturbaue des Deck- u. Nebengebirges. Abschlussbericht.-- BGR, unveröffentl. Ber.: 570 S., 42 Abb., 32 Tab., 195 Anl., 1 Anh.; Hannover.			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.2.03.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.2.03	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Event		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Erdbeben			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Erdbeben sind die plötzliche Freisetzung von Deformationsenergie, die sich in begrenzten Bereichen der Lithosphäre angestaut hat. Dieser Vorgang erzeugt kurzzeitige Erschütterungen, die sich als seismische Impulse oder Wellen vom Erdbebenherd ausbreiten. Die meisten Erdbeben (etwa 95%) treten an den Rändern von tektonischen Platten auf.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input checked="" type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung		<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs	
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.2.03.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.2.03	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Event		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Erdbeben			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i>			
<p>Neben tektonischen Erdbeben gibt es vulkanische und vom Menschen verursachte Erdbeben (induzierte Seismizität). Letztere können durch Be- und Entlastungen an der Erdoberfläche und unter Tage im Bergbau, durch Einpressen von Flüssigkeiten in tiefe Bohrlöcher und durch unterirdische Explosionen induziert werden.</p> <p>Die Verminderung der Scherfestigkeit durch erhöhten Porenwasserdruck ist auch bei der induzierten Seismizität durch künstlich oder natürlich entstandenen Stauseen von großer Bedeutung, obwohl die zusätzlich aufgebrachten Porenwasserdrücke von etwa 1 MPa erheblich niedriger als die beim Abpressen von Flüssigkeiten in Bohrlöchern sind. Dafür kann der Effekt einen wesentlich größeren Bereich erfassen, was zu größeren Erdbeben führen kann. Das gilt ebenfalls für die durch die zusätzliche Wasserauflast verursachte Modifikation des Spannungsfeldes in der Erdkruste, die ebenfalls als Auslöser stauseeinduzierter Seismizität in Frage kommt. Der Erdbebetyp kann im Zusammenhang mit Eisstauseen während einer Kaltzeit Bedeutung erlangen, wenn sich ein großer Eisstausee über Gebiete mit hohen angestauten Deformationsenergien bildet.</p> <p>In Bergbaugebieten können sich Scherbrüche, ausgelöst als Folge von Spannungsumlagerungen in der Nähe von Hohlräumen ebenfalls als Erdbeben bemerkbar machen. Der Zusammenbruch von Hohlräumen unter Tage hat in den Kaliabbaugebieten von Mitteldeutschland zu weithin spürbaren Einsturzbeben geführt, u.a. bei Sünna am 23.6.1975, bei Völkershausen am 13.3.1989 und bei Halle am 11.9.1996.</p> <p>Erdbeben als Folge von unterirdischen Nuklearexplosionen sind im amerikanischen Testgelände in Nevada beobachtet worden. Hierbei handelt es sich ebenfalls um Scherbrüche, die durch die von der Detonation verursachten tektonischen Spannungsumlagerungen im unmittelbaren Sprenggebiet zum Zeitpunkt der Zündung oder kurz danach ausgelöst worden sind [Lexikon der Geowissenschaften. Edu-Insti (2000)].</p> <p>Eine weitere Ursache für Erdbeben sind isostatische Ausgleichsbewegungen der Erdkruste, die infolge von abtauenden, mächtigen Inlandeismassen insbesondere im Bereich aktiver Störungszonen zur plötzlichen Freisetzung von Deformationsenergie beitragen.</p> <p>Beobachtungen von stauseeinduzierten Erdbeben gibt es u. a. von folgenden Orten: Lake Mead (USA), Koyna (Indien: $M_L = 6,5$), Nurek (frühere Sowjetunion), Hsinfengkiang (China) und Kremasta (Griechenland).</p>			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i>			
<p>Erdbeben kommen nicht gleichmäßig verteilt vor, sondern konzentrieren sich auf bestimmte Gebiete in Deutschland. Dementsprechend wurde für die Bundesrepublik Deutschland eine erdbebengeographische Einteilung vorgenommen (LEYDECKER 2002; LEYDECKER, AICHELE 1998), die die einzelnen Gebiete nach den Intensitäten des stärksten Bebens und der Tiefe der meisten Erdbeben voneinander abgrenzt.</p> <p>Vulkanische Beben treten am Referenzstandort nicht auf. Einsturzbeben stellen seltene Ereignisse (LEYDECKER 1980) dar, die auf die klassischen Bergbaugebiete (z. B. Ruhrgebiet, Saarland, Mitteldeutsches Kalirevier) beschränkt sind. Nach Ergebnissen der Langzeitprogn-</p>			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.2.03.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.2.03	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Event		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Erdbeben			
<p>osen zum Auftreten von Erdbeben beträgt in Norddeutschland die Überschreitungswahrscheinlichkeit 10^{-5}/Jahr für Intensitäten von 6,5 der MSK-Skala. Dies ist ein sehr kleiner Wert, der verdeutlicht, dass mögliche starke Erdbeben im seismisch ruhigen Gebiet um den Referenzstandort selten sind. In neuerer Zeit wird die Erdgasförderung als Auslöser mittlerer Erdbeben (z. B. Rotenburg 10/2004: Stärke 4,5 der Richterskala) in der an sich seismisch ruhigen nordwestdeutschen Tiefebene diskutiert. Eine Erdgasförderung findet im unmittelbaren Bereich des Salzstockes wegen fehlender Lagerstätten aber nicht statt.</p>			
<p><i>Standortspezifische Auswirkungen:</i></p> <p>Im Deckgebirge können bei einem Erdbeben erheblicher Stärke räumlich eng begrenzte Auflockerungs- und Störungszonen im Meterbereich gebildet werden, die lokal eine veränderte hydraulische Leitfähigkeit bedeuten, wobei ursprünglich gering permeable Störungssysteme höher durchlässig werden können. Für die sandigen Aquifere hat dies keine Auswirkungen, da eine lokale Auflockerung die Durchlässigkeit des Aquifer-Gesamtsystems nicht ändern wird. Sollten in tonigen, schlecht durchlässigen Schichten dagegen Wegsamkeiten geschaffen werden, könnten sich durch das fließende Wasser besonders unter gespannten Verhältnissen neue Ausbreitungspfade eröffnen. Solche zusätzlichen Pfade werden aber vermutlich durch toniges Material zusedimentiert. Aus Gebieten mit starken Erdbeben und wassergesättigten sandigen Schichten sind Beobachtungen wie die Änderungen des Grundwasserspiegels oder die plötzliche Ausschüttung von Grundwasser aus den Sedimenten zur Oberfläche bekannt. Beide Phänomene haben eine kurze zeitliche Dauer und werden nicht betrachtet.</p> <p>Es sind keine Auswirkungen von Erdbeben auf Salzstöcke bekannt geworden. So wird im Anforderungskatalog "Wasserwirtschaftliche Anforderungen an Gesteinskavernen zum Lagern Wasser gefährdender Stoffe" des BMU (1989) im Abschnitt "Geodynamische Risiken" die Feststellung getroffen, dass "tektonische Bewegungen im Salzkörper wegen der Plastizität des Salzes unter den herrschenden petrostatischen Drücken keine relevanten Konsequenzen zur Folge haben". Aus vielen Beobachtungen in Kohlenbergwerken ist bekannt, dass die Grubengebäude in der Regel weit weniger Schäden durch Erdbebenerschütterungen erleiden, als übertägige Anlagen und Gebäude. Dies liegt zum einen daran, dass der verstärkende Effekt der freien Oberfläche auf die seismischen Wellen mit zunehmender Tiefe geringer wird. Zum anderen ist die Abstrahldämpfung für vollständig eingebettete Bauwerke wesentlich größer als für Hochbauten an der Erdoberfläche (vgl. ALHEID, HINZEN 1988). Sind durch einen Bergwerksbetrieb Hohlräume vorhanden, so vermögen sehr starke Beben (> 6,5 MSK), wie sie allerdings in Norddeutschland heute und in den nächsten Jahrzehnten nicht zu erwarten sind, die Ränder von offen stehenden Grubenbauen unter Umständen in Form von zusätzlichen Auflockerungen mit einer Erstreckung im Dezimeterbereich zu beeinflussen. Die Annahme von Rissausbreitungen über mehrere hundert Meter in den Salzstock hinein ist unrealistisch.</p>			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.2.03.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.2.03	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Event		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Erdbeben			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Für den unmittelbaren Bereich um den Referenzstandort sind aus historischer Zeit keine tektonisch bedingten Erdbeben bekannt geworden (LEYDECKER 1996). Auch weisen seismische Aufzeichnungen im Standort-Umfeld bislang keine Mikrobeben nach, die als Hinweis auf aktive tektonische Bewegungen innerhalb der dortigen Erdkruste gewertet werden könnten. Daraus und aus der Gesamtbewertung der tektonischen Verhältnisse am Standort ist zu schließen, dass mittelfristig keine starken Beben zu erwarten sind.			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i>	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i>	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Bemerkungen:</i> Die Auswirkungen eines Erdbebens haben möglicherweise lokale Veränderungen der hydraulischen Eigenschaften im Deck- und Nebengebirge zur Folge. Wegen der vorhandenen mächtigen Porenwasseraquifere sind die Veränderungen aber nicht derart, dass sie die bestehende Grundwasserhydraulik beeinflussen.			
<i>Literaturquellen:</i> ALHEID, H.-J. & HINZEN, K.-G. (1988): Response of underground openings to earth-quake and blasting loading. (In: SWOBODA, G. (Ed.): Numerical Methods in Geomechanics).-- Proc. 6 th . Intern. Conf. of Numerical Methods in Geomechanics, Innsbruck, 11.-15. April 1988: 1689-1696; Rotterdam (Balkema). BMU (1989): Wasserwirtschaftliche Anforderungen an Gesteinskavernen zum Lagern wassergefährdender Stoffe (Anforderungskatalog).-- Bek. d. Bundesminister f. Umwelt, Naturschutz u. Reaktorsicherheit v. 1.4.1989 - WA I 3 - 523 074/27, GMBI 1989, Nr. 16: S. 396; Bonn. Lexikon der Geowissenschaften. Edu-Insti (2000).-- Spektrum Akad. Verl. Heidelberg, Bd. 2; Berlin - ISBN 3-8274-0421-5. LEYDECKER, G. (1980): Stellungnahmen zu den Thesen von E. GRIMMEL. 3. Erdbeben in Nord-Deutschland.-- Z. dt. geol. Ges., 131: 547-555; Hannover.			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.2.03.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.2.03	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Event		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Erdbeben			
<p>LEYDECKER, G. (2002): Erdbebenkatalog für die Bundesrepublik Deutschland mit Randgebieten für die Jahre 800-2001.-- BGR, Hannover.</p> <p>LEYDECKER, G. & AICHELE, H. (1998): The Seismogeographical Regionalisation of Germany: The Prime Example for Third-Level Regionalisation.-- Geol. Jb., Reihe E, 55: 85-98, 6 Fig., 1 Tab.; Hannover.</p>			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.2.04.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.2.04	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Magmatismus			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Magmatismus tritt im Zusammenhang mit gebirgsbildenden Prozessen und entlang von Plattengrenzen der Kruste, von Rift- oder tief reichenden Störungszonen auf. Dabei werden Magmen, Dämpfe und Gase entweder bis zur Erdoberfläche gefördert oder bleiben aufgrund unzureichender Transportenergie in unterschiedlichen Tiefen der Erdkruste stecken. Es wird grob zwischen Extrusiva (Vulkanismus) und Intrusiva (Plutonismus) unterschieden.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input checked="" type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.2.04.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.2.04	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Magmatismus			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i>			
<p>Andere Formen des Magmatismus wie CO₂-Austritte oder Thermalquellen spielen im Rahmen dieser Betrachtungen keine Rolle. Gasaustritte oder Thermalquellen gelten im speziellen deutschen Umfeld eher als Indikatoren für die Endphase eines Magmatismus.</p> <p>Im Zusammenhang mit den plattentektonischen Ereignissen des Tertiär (Grabenbildungen, Alpenfaltung, Öffnung des Atlantiks) sind in Deutschland bis zum Ausgang der letzten Eiszeit Vulkane ausgebrochen. Die vulkanische Tätigkeit im Quartär kann nicht mit den isostatischen Ausgleichbewegungen auf und um den rheinischen Schild in Zusammenhang gebracht werden. Wie das jüngste Beispiel der Hebung des skandinavischen Schildes zeigt, laufen solche speziellen Bewegungen relativ rasch in einem Zeitraum von 10 000 bis 20 000 Jahren ab (EMBLETON, KING 1975: 172). Das Einsetzen von Magmatismus infolge einer durch Eisauflast induzierten Krustenbewegung bleibt daher fraglich.</p> <p>Vulkanische Tätigkeit ist in der Eifel- und im Vogtland für die Zukunft zu erwarten. Beide Gebiete sind vom Standort genügend weit entfernt, so dass durch diesen Magmatismus eine Beeinflussung ausgeschlossen werden kann.</p> <p>Auswirkungen wären Flutlaven (Flutbasalte, Trappbasalte, Plateau-Basalte), die bei rascher Effusion großer Mengen niedrigviskosen Magmas entstehen. Sie können ausgedehnte mächtige Abfolgen von Lavadecken auf kontinentaler Lithosphäre aber auch auf ozeanischer Lithosphäre (ozeanische Plateaus) über Manteldiapiren aufbauen. Die Basalt-Areale besitzen eine erhebliche regionale Ausdehnung sowie eine enorme Mächtigkeit durch Aufeinanderlagerung zahlreicher Lavaergüsse wie Beispiele aus Sibirien oder Indien zeigen. In Deutschland sind solche Flutlaven aufgrund des Aufbaus der Erdkruste in der nächsten Million von Jahren nicht zu erwarten.</p>			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i>			
<p>Ein Aufleben des im Tertiär abgelaufenen alpidischen Magmatismus mit Bildung von Vulkanloten und einer Magmenförderung bis zur Oberfläche ist im Gebiet des Referenzstandortes unwahrscheinlich. Der Magmatismus müsste sich an tief reichenden seismisch aktiven Schwächezonen in der Erdkruste orientieren. Solche Zonen sind aus dem Nahbereich um den Referenzstandort nicht bekannt. Das in der Literatur (HOFFMANN, STIEVE et al. 1996; RABELL, FÖRSTER et al. 1995) zitierte und aufgrund seismischer Untersuchungen und Schwereanomalien abgeleitete herzynisch verlaufende, paläozoische Elbe-Lineament zeigt im Raum um den Referenzstandort keine nachweisbare Beeinflussung jüngerer mesozoischer oder känozoischer Schichten, so dass ein auch heute noch aktives tektonisches Geschehen entlang des Lineamentes ausgeschlossen werden kann. Zudem zeigen seismische Aufzeichnungen keinerlei Anzeichen von Erdbeben im Lineament-Bereich, was ebenfalls für die Konsolidierung der Erdkruste spricht.</p>			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i>			
<p>Das Grundwassersystem am Standort kann nur dann nachhaltig umgeformt werden, wenn es unmittelbar am Ort durch ähnliche vulkanische Aktivitäten beeinflusst wird. Dann sind neue Transportpfade für Schadstoffe denkbar. Ereignisse in größerer Entfernung von z. B. > 200 km werden keine Auswirkungen haben. Eine Beeinflussung des Aquifersystems am Standort ist daher selbst bei einem erneuten Vulkanausbruch im Eifel-Gebiet nicht möglich.</p>			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.2.04.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.2.04	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Magmatismus			
<p>Intrusiver Magmatismus hat nur untergeordnete Auswirkungen auf die Ausgestaltung der Morphologie. Lediglich die Platznahme eines größeren Magmakörpers in Oberflächennähe vermag durch Aufwölbung des Hangenden zu einer geringen morphologischen Veränderung führen. Dagegen ergeben sich bei einer gleichzeitigen raschen Erosion der überlagernden Schichten neue Landschaftsbilder, indem die in der Tiefe erstarrten magmatischen Gesteine als widerstandsfähige Reste herausmodelliert werden. Die Voraussetzungen für eine Platznahme größerer magmatischer Körper und ihre Freilegung innerhalb der nächsten Million Jahre sind für deutsche Verhältnisse nicht gegeben, so dass eine Umgestaltung der Morphologie durch Intrusiva nicht erwartet wird.</p>			
<p><i>Zeitliche Beschränkung:</i></p> <p>Etwa 9000 Jahre liegen die letzten vulkanischen Ereignisse (phreatischer Ausbruch des Laacher-See-Vulkans) zurück. Die früheren Vulkantätigkeiten mit Magmenförderung lagen in der Eifel im Oligozän (vor 25 Mill. J.), im Westerwald (Rechtsrheinisches Schiefergebirge), Vogelsberg und Rhön (Hessische Senke) im Miozän (vor ca. 14 Mill. J.). Die nördlichsten deutschen und zum Referenzstandort nächstgelegenen Gebiete mit größeren vulkanischen Vorkommen liegen in Südniedersachsen und Hessen. Die Einstufung der fraglichen Basalt-Intrusion von Rolfsbüttel-Wendeburg wurde mit jünger als Paläozän (65-55 Mill. J.) vorgenommen. Unter Bezug auf die hessischen Basaltvorkommen wäre dies Miozän (STORK, GERARDI 1987).</p> <p>Intrusiva besitzen folglich in Nordwestdeutschland ein jungtertiäres Mindestalter und sind im Zusammenhang mit der alpidischen Gebirgsbildung zu sehen. Ein weiteres Auftreten ist daher in nächster geologischer Zukunft bis zu einer Million Jahre unwahrscheinlich.</p>			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i>	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i>	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<p><i>Bemerkungen:</i></p> <p>Das FEP wird nicht weiter verfolgt, da der Referenzstandortwahl so gewählt wurde, dass im Nachweiszeitraum Magmatismus nicht zu erwarten ist.</p>			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.2.04.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.2.04	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Magmatismus			
<i>Literaturquellen:</i> EMBLETON, C. & KING, A. M. C. (1975): Glacial Geomorphology.-- 1. Aufl.: 573 S.; London (Edw. Arnold). HOFFMANN, N.; STIEVE, H. & PASTERNAK, G. (1996): Struktur und Genese der Mohorovicic-Diskontinuität (Moho) im Norddeutschen Becken - ein Ergebnis langzeitregistrierter Steilwinkelseismik.-- Z. angew. Geol., 42 (2) : 138-148, 8 Fig.; Hannover. RABEL, W.; FÖRSTER, K.; SCHULZE, A.; BITTNER, R.; RÖHL, J. & REICHERT, J. C. (1995): A high-velocity layer in the lower crust of the North German Basin.-- Terra Nova, Vol. 7, No. 3 : 327-337, 15 Fig.; Oxford/U.K. STORK, G.-H. & GERARDI, J. (1987): Geophysikalische Messungen und Bohrungen bei Rolfsbüttel-Wendeburg.-- BGR, unveröffentl. Ber., 99936 : 16 S., 5 Abb., 4 Anl.; Hannover.			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.2.05.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.2.05	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Gesteinsmetamorphose			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Gesteinsmetamorphose ist ein zusammenfassender Begriff für alle jene natürlich bedingten Veränderungen, die die Gesteine unter Beibehaltung des festen Zustands durch Einwirkungen erleiden, die nicht an der Erdoberfläche stattfinden.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input checked="" type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.2.05.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.2.05	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Gesteinsmetamorphose			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i>			
<p>Die wesentlichen Wirkungskräfte der Metamorphose sind durch Veränderungen der Temperatur und des Druckes gegeben. Verwitterungsvorgänge einerseits und die Aufschmelzung auf der anderen Seite sind von diesem Begriff abzugrenzen und nicht unter einer Metamorphose von Gesteinen zu verstehen. Es lassen sich verschiedene Metamorphosearten unterscheiden:</p> <p>Die Kontaktmetamorphose ist eine lokale Thermometamorphose, wobei sich die kontaktmetamorph gebildeten Metamorphite als Produkte einer thermischen Um- und Rekristallisation des Nebengesteins um einen magmatischen Intrusivkörper bilden.</p> <p>Die Thermodynamo-Metamorphose steht in ursächlichem Zusammenhang mit großräumigen (regionalen) Durchbewegungen der oberen Erdkruste, wie sie sich bei Gebirgsbildungen (Orogenesen) abspielen. Sie wird deshalb - zusammen mit der Versenkungsmetamorphose - auch meist mit dem Begriff Regionalmetamorphose umschrieben. Die Regionalmetamorphose, die weite Gebiete erfassen und langfristig andauern kann, führt dadurch zu umfassenden und großräumigen Gesteinsumwandlungen.</p> <p>Je nach Metamorphosegrad kann es zu Veränderungen im Mineralbestand des Ausgangsgesteins kommen, z. B. durch Um- und Neukristallisation oder durch Mineralneubildungen im Kontaktbereich. Eventuell noch vorhandene Gesteinsporositäten werden bei der Metamorphose reduziert.</p>			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i>			
Es findet am Referenzstandort keine Regionalmetamorphose statt. Eine thermische Quelle in Form eines Plutons ist nicht nachgewiesen. Kontaktmetamorphosen sind auszuschließen, da auch ein Magmatismus unwahrscheinlich ist.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i>			
Keine			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i>			
Eine Metamorphose von Gesteinen findet erst bei entsprechenden Drücken und Temperaturen nach Absenkung der Gesteinsschichten in größere Tiefen statt. Die dafür benötigte Zeit überschreitet den Nachweiszeitraum.			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i>	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i>	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i>		<i>Strecken und Schächte:</i>	
Nicht zu berücksichtigen		Nicht zu berücksichtigen	

<i>FEP-Nr.:</i> 1.2.05.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.2.05	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Gesteinsmetamorphose			
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Bemerkungen:</i> Das FEP wird aufgrund fehlender natürlicher Auslöser nicht berücksichtigt. Es findet weder eine rasche Tiefenversenkung der Gesteinseinheiten statt, noch sind Magmen am Referenzstandort zu erwarten.			
<i>Literaturquellen:</i>			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.2.06.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.2.06	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Hydrothermale Aktivität			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Hydrothermale Aktivität ist die Zirkulation von Lösungen aufgrund von Magmatismus oder Tektonik.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input checked="" type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.2.06.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.2.06	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Hydrothermale Aktivität			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> <p>Ausgehend von einer Wärmequelle im Erdmantel oder einer Magmenkammer in der tieferen Erdkruste wird das auf tief reichenden Störungen zirkulierende Wasser erwärmt. Dieses Wasser kann in Abhängigkeit von einem ausreichenden hydraulischen Gradienten über weite Distanzen zu einer Quelle gefördert werden, aus der es zu Tage austreten kann. Aufgrund von Wärmeanomalien kann es auch konvektiv innerhalb der Erdkruste zur Zirkulation von hydrothermalen Lösungen kommen (Lexikon der Geowissenschaften. Edu-Insti 2000). Hydrothermale Aktivität kann unter der Voraussetzung einer Wärmequelle im Untergrund und hinreichender Transportwege (Störungen und Klüfte großer Ausdehnung) über lange Zeiträume wirksam sein. Sie kann aber auch jederzeit, etwa durch Erdbeben, durch eine Blockade der Transportwege beendet werden.</p> <p>Beispiele für hydrothermale Aktivitäten sind die heißen Quellen von Aachen. Hydrothermale Aktivität kann zur Auflösung von Salzlagern führen, für heiße Quellen und Geysire verantwortlich sein, die Alteration von Gesteinen (Mineralumwandlung) und die Bildung von schichtgebundenen und gangförmigen Minerallagerstätten verursachen. Im Bereich einer positiven Wärmeanomalie könnten sich theoretisch vorhandene hydrothermale Phasen erhitzen und nach oben steigen, gleichzeitig kühlere Lösungen in Richtung Wärmeanomalie fließen. Aufsteigende Lösungen würden sich abkühlen und danach wieder nach unten absinken (vgl. a. FEP <i>Geothermische Prozesse in der Geosphäre</i>). Im Rahmen einer hydrothermalen Aktivität wäre eine verstärkte Subrosion von Salzgesteinen denkbar.</p>			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> <p>Das FEP hat am Referenzstandort keine Bedeutung, da Plutonismus/Vulkanismus oder bedeutende neotektonische Aktivitäten als Voraussetzungen fehlen und keine thermischen Quellen und keine thermischen Anomalien feststellbar sind.</p>			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Keine			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i>	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i>	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	

<i>FEP-Nr.:</i> 1.2.06.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.2.06	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Hydrothermale Aktivität			
<i>Bemerkungen:</i> Keine			
<i>Literaturquellen:</i> Lexikon der Geowissenschaften. Edu-Insti (2000).-- Spektrum Akad. Verl. Heidelberg, Bd. 2; Berlin - ISBN 3-8274-0421-5.			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.2.07.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.2.07	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Erosion			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Oberbegriff für alle zur Abtragung der Erdoberfläche beitragenden Vorgänge, die Boden- und Gesteinsmaterial aus ihrem Verband lockern, lösen und verlagern (inklusive Verwitterung und Massenbewegungen). Diese Definition entspricht der für Denudation im engl. Sprachraum.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input checked="" type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung		<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs	
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input checked="" type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Schachtverschlüsse			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.2.07.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.2.07	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Erosion			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i>			
<p>Erosion i.e.S.: Oberbegriff für die Abtragungsprozesse, bei denen Material durch Agentien verlagert wird (fluviale Erosion, glaziale Erosion, Winderosion, marine Erosion). Erosion tritt ein, wenn die vom Agens ausgeübten Kräfte (Scher-/Schubspannungen) Partikel aufnehmen und transportieren können. Manche Autoren zählen daher die Prozesse der Massenbewegungen nicht zur Erosion hinzu.</p> <p>Im deutschen Sprachraum war früher die Beschränkung des Begriffes Erosion auf die Prozesse der linienhaften, fluvialen Erosion üblich. Diesem Erosionsbegriff wurde die mehr flächenhaft wirksame Denudation (flächenhafte Erosion) gegenübergestellt (Lexikon der Geowissenschaften. Edu-Insti 2000).</p> <p>Die Erosionsraten sind im Wesentlichen abhängig von der Topographie und Vegetation eines Gebietes, von dem herrschenden Klima und der Art und Zusammensetzung der Gesteine. Im weiteren norddeutschen Umfeld, z. B. im Bereich des Endlagerstandortes Morsleben wurden selbst in einer tektonisch aktiveren Phase in der Zeitspanne vom Oberen Miozän bis Altquartär (ca. 10 Mill. Jahre) nur 100 m bis 200 m Gesteinsmächtigkeiten erodiert (KÄBEL 2001: Abb. 2), was einer Erosionsrate von 10 m bis 20 m innerhalb einer Million Jahre entspricht. Am südlichen Rand der Norddeutschen Tiefebene im Bereich des morphologisch stärker differenzierten Harzvorlandes liegen die Werte für die flächenhafte Erosion mit 100 m bis 200 m pro Million Jahre seit dem Cromer-Komplex allerdings schon um den Faktor 10 höher (vgl. FELDMANN 2002: 118).</p>			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i>			
<p>Die Norddeutsche Tiefebene ist ein tektonisch ruhiges Gebiet, das verglichen mit den sich anschließenden Mittelgebirgen ein nur gering ausgeprägtes Relief besitzt. Es besteht keine verstärkte Mobilität der Kruste, die zur raschen Heraushebung und Erosion von Krustenblöcken führt. Eine verstärkte Erosion durch Gletscherschurf (Exaration) und Schmelzwässern ist während einer erneuten Kaltzeit anzunehmen, wobei es zu einer Umlagerung der transportierten oder der durch das Eis aufgenommenen Sedimente kommt.</p> <p>Im Umfeld des Referenzstandortes betragen mit Ausnahme des eng begrenzten Hühbecks (76 m) die topographischen Höhen weniger als 50 m. Bedeutende Reliefunterschiede sind nicht vorhanden, so dass die Erosionsleistung innerhalb des Nachweiszeitraumes von einer Million Jahren sicherlich geringer sein wird als an anderen Orten z. B. im südlichen Nordwestdeutschland.</p> <p>Kaltzeitliche Vorgänge am Referenzstandort können für die Mächtigkeitsbilanz der Deckgebirgsschichten im Ergebnis neutral sein: das erodierte Material wird an einem spezifischen Ort rasch durch neue Sedimente ersetzt (Auffüllung von Rinnen und Hohlformen, Bildung von Sanderflächen und Moränen).</p>			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i>			
<p>Flächenhafte Erosion führt zur Reduktion der Deckgebirgsmächtigkeit und bewirkt die Veränderung der Morphologie. Durch eine umfangreiche Erosion des Deckgebirges käme es zu einer Entlastung der gesamten Salzstruktur. Die morphologische Veränderung bedeutet in einem tektonisch ruhigen Gebiet eine Einebnung des vorhandenen Reliefs, was Auswirkungen auf die hydrogeologischen Verhältnisse durch die Verringerung des hydraulischen</p>			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.2.07.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.2.07	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Erosion			
<p>Potentials hat.</p> <p>Die Reduzierung des Deckgebirges am Standort wird minimal sein (Zehnermeterbereich). Lediglich in geringem Umfang vorhandene Hochlagen dürften im Nachweiszeitraum eingeebnet werden. In Abhängigkeit vom Ausmaß des Erosionsgeschehens können auch die oberen Teile der Schächte mit den dazu gehörigen Verschlüssen betroffen sein.</p>			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i> Transgression, Regression, Permafrost, Inlandvereisung in randlicher Lage, Vollständige Inlandsvereisung		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Lokale Differentialbewegungen, Globale klimatische Veränderungen, Veränderung des Ökosystems, Menschlicher Einfluss auf das Klima, Topographie und Morphologie, Oberflächengewässer, Maritime Bedingungen	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Konvergenz, Deck- und Nebengebirge, Topographie und Morphologie, Maritime Bedingungen	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Strecken und Schächte:</i> Wird berücksichtigt	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Wird berücksichtigt	
<i>Bemerkungen:</i> Keine			
<i>Literaturquellen:</i> <p>FELDMANN, L. (2002): Das Quartär zwischen Harz und Allertal mit einem Beitrag zur Landschaftsgeschichte im Tertiär.-- Clausthaler Geowissenschaften, Band 1: X + 149 S., 72 Abb., 7 Tab.; Clausthal-Zellerfeld.</p> <p>KÄBEL, H. (2001): ERA Morsleben. Geowissenschaftliche Kennzeichnung des Endlagerstandortes unter Verwendung der "Internationalen FEP-Liste" der NEA-Datenbank. Abschlussbericht.-- BGR, unveröffentl. Ber., 0120434: 89 S., 8 Abb., 2 Tab., 2 Anl.; Berlin.</p> <p>Lexikon der Geowissenschaften. Edu-Insti (2000).-- Spektrum Akad. Verl. Heidelberg, Bd. 2; Berlin - ISBN 3-8274-0421-5.</p>			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.2.07.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.2.07	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Erosion			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.2.07.02	<i>NEA-Nr.:</i> 1.2.07	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Sedimentation			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Sedimentation ist ein natürlicher Prozess des Absatzes von anorganischen und organischen Materialien, der in Abhängigkeit von der regionalen Absenkungsgeschwindigkeit der Erdoberfläche, der Gravitation und dem Klima andauernd abläuft. Die in dem Prozess agierenden Medien können Luft (Wind), Wasser (Fließgewässer), Gletschereis oder Bodenbewegungen (Steinschlag, Lawinen oder Muren) sein.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input checked="" type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung		<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs	
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.2.07.02	<i>NEA-Nr.:</i> 1.2.07	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Sedimentation			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Jüngere Sedimentgesteine von größerer Mächtigkeit deuten auf verstärkte Absenkungstendenzen des Untergrundes in der nahen geologischen Vergangenheit hin (z. B. Nordseebecken, Niederrheinische Bucht). Größere Sedimentakkumulationen sind allerdings auch möglich durch den Transport eines vorrückenden Inlandeises, ohne dass eine verstärkte regionale Subsidenz vorliegen muss.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Die z. Zt. ablaufende Sedimentation ist am Referenzstandort wegen einer fehlenden deutlichen Absenkung des Gebietes (ca. Zehnermeterbereich innerhalb des Nachweiszeitraumes, vgl. FEP Senkung der Erdkruste) nur gering. Im Zuge einer neuen Kaltzeit ist aber mit einer verstärkten Sedimentation zu rechnen. Die Mächtigkeit der neu gebildeten Sedimente kann in Abhängigkeit von exarativ geschaffenen Hohlformen oder der Ablagerung von Endmoränen lokal erheblich sein und mehrere zehn bis hundert Meter betragen.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Die Sedimentation von fluviatil bzw. glazifluviatil oder äolisch transportierten Gesteinspartikeln verschiedener Korngröße bedeutet eine Veränderung der Oberflächenmorphologie. Damit einhergehend kann eine Verlängerung der Migrationswege im Deckgebirge verbunden sein. Zu den Folgen der Sedimentation gehört die Auffüllung von Hohlformen bis zum Reliefausgleich (z. B. Erdfälle, Subrosionssenken). Darüber hinausgehende Sedimentakkumulationen durch Wind oder Wasser schaffen neue Reliefformen wie Dünen oder Schuttfächer. Insgesamt ergibt sich durch die Sedimentation eine Erhöhung der Gesamtmächtigkeit des Deck- und Nebengebirges. Kompaktion und Diagenese der Deckgebirgsschichten werden wegen der erwarteten geringen Sedimentationsraten und damit verbundenen geringen zusätzlichen Auflast zu vernachlässigen sein. Eine zusätzliche Auflast durch neue Sedimentschichten überträgt sich prinzipiell auch auf das Wirtsgestein. Die Erhöhung des Überlagerungsdruckes mit entsprechend veränderten Spannungsverhältnissen im Wirtsgestein und Nahfeld wird entsprechend der geringen Sedimentationsraten nur sehr langsam wirksam und hat daher keinen Einfluss auf die Kompaktion des Versatzes und die mechanischen Wechselwirkungen zwischen Wirtsgestein und einer möglichen Gasbildung am Beginn der Nachbetriebsphase. Die Sedimentation führt zu einer Mächtigkeitserhöhung des Deckgebirges, wodurch die Radionuklidmigrationswege verlängert werden.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.2.07.02	<i>NEA-Nr.:</i> 1.2.07	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Sedimentation			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i> Transgression, Regression, Inlandvereisung in randlicher Lage, Vollständige Inlandsvereisung		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Lokale Differentialbewegungen, Globale klimatische Veränderungen, Menschlicher Einfluss auf das Klima, Topographie und Morphologie,	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Konvergenz, Deck- und Nebengebirge, Geosphäre: Eigenschaften der Transportpfade, Hydrochemische Verhältnisse in der Geosphäre, Topographie und Morphologie, Oberflächengewässer, Maritime Bedingungen	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Wirtsgestein:</i> Wird berücksichtigt		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Wird berücksichtigt	
<i>Bemerkungen:</i> Keine			
<i>Literaturquellen:</i>			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.2.08.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.2.08	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Diagenese			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Umbildung von sedimentierten Lockergesteinen zu nicht metamorphen Festgesteinen in Abhängigkeit von der Zeit, den durch überlagerndes Gestein ausgeübten Druck, Temperatur (Grenzwert etwa bei < 220 °C, Beginn Zeolithfazies) und chemischen Prozessen.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input checked="" type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung		<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs	
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.2.08.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.2.08	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	

Diagenese

Weitere Informationen und Beispiele:

Die Grenze zwischen Diagenese und Metamorphose wird etwa mit der Neubildung von Mineralen der Zeolithfazies gezogen. Eine einheitliche, weltweit gültige Definition gibt es nicht. Die hier verwendete Definition erfolgt nach MÜLLER (1999).

Durch Diagenese können sich für die Entwicklung des Endlagersystems relevante Gesteinseigenschaften wie Permeabilität, Porosität, Festigkeit, Wärmeleitfähigkeit junger, unverfestigter Sedimente verändern.

Salzminerale: Nach Ablagerung und Überdeckung weiterer Schichten erfolgt druckbedingt eine Kompaktion und das Entwässern der Evaporite, das von Umkristallisationsprozessen begleitet ist. Bei Anhydritgesteinen kann es im späteren Stadium zur Bildung von Stylolithen kommen, wobei durch den Prozess der Drucklösung ein erheblicher Anteil der Sulfate in gelöster Form abtransportiert werden kann.

Ton: Die wichtigsten Prozesse bei dem Weg von frisch sedimentierten Tönen zu Tonsteinen sind Kompaktion, Porenwasserabgabe und die Veränderung der mineralogischen Zusammensetzung. Frisch sedimentierte Tone weisen ein lockeres Gefüge mit 70-90% Porosität auf, das aber bedingt durch die geringe Korngröße der Tonminerale nur mit einer geringen Permeabilität einhergeht. Der Druck überlagernder Sedimente verursacht eine progressive Abgabe der Porenwässer und eine entsprechende Abnahme der Porosität (Kompaktion), die bei reinen Tonsteinen mit zunehmender Versenkungstiefe einer logarithmischen Kurve folgt. Ab etwa 2000 m Versenkungstiefe ist die mechanische Verdichtung abgeschlossen. Beeinflusst wird die Kompaktion durch die Salinität des Porenwassers, den Carbonatgehalt und die primäre Mineralogie der Tonminerale (Lexikon der Geowissenschaften. A-Edi 2000).

Sande: Die Diagenese von Sandsteinen umfasst alle chemischen und physikalischen Prozesse, die Sande vom Zeitpunkt der Sedimentation bis zum niedrigsten Grad der Metamorphose beeinflussen. Dabei wird das Lockersediment in ein Festgestein umgewandelt (Lithifikation). Die wesentlichsten Umwandlungen betreffen die Reduzierung der Porosität durch Kompaktion und Ausfällung authigener Minerale (Zementation) sowie die Auflösung instabiler Komponenten.

Als Zementminerale treten häufig Calcit, Dolomit, Anhydrit, Goethit und Siderit auf. Die Reihenfolge der Zementbildung in einem Sandstein ist nicht gesetzmäßig, sondern widerspiegelt Änderungen der Porenwasser-Chemie und die diagenetische Geschichte des Sedimentpakets. Da der Fluidfluss in einem Sedimentbecken maßgeblich von der Tektonik (Störungen, Klüftung) und den Wegsamkeiten der Beckenfüllung abhängt, sind vertikale und laterale Differenzierungen der Zementation die Regel. Bei sehr tiefer Versenkung wird der Porenraum meist vollständig durch Zement gefüllt (Lexikon der Geowissenschaften. A-Edi 2000).

Karbonate: Karbonatsedimente bestehen primär aus einem Gemisch von Aragonit, Hochmagnesium-Calcit und Niedrigmagnesium-Calcit. Die ersten beiden CaCO₃-Modifikationen sind metastabil und wandeln sich in der Regel mehr oder minder schnell in Niedrigmagnesium-Calcit um, alle Modifikationen sind zudem in Wasser relativ leicht löslich. Deswegen sind diagenetische Prozesse in Karbonatsedimenten besonders vielfältig und an verschiedenste diagenetische "Umwelten" gebunden. Sie können bereits synsedimentär auf dem Meeresboden beginnen und bis zum fließenden Übergang in die Metamorphose bei erhöhten Druck-Temperatur-Bedingungen andauern. Die Karbonatdiagenese beinhaltet mikrobiell induzierte Mikritisierung, Zementation (Karbonatzemente), Neomorphose, Lösung, Kompaktion ein-

<i>FEP-Nr.:</i> 1.2.08.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.2.08	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Diagenese			
<p>schließlich Drucklösung (Bildung von Stylolithen) und Dolomitisierung. Der Ablauf der Diagenese ist im wesentlichen abhängig von der primären mineralogischen Zusammensetzung des Sediments, dem Chemismus, der Veränderung und den Austauschraten der Porenwässer, der Versenkungs- und Heraushebungsgeschichte sowie dem Klima (Lexikon der Geowissenschaften. A-Edi 2000)</p>			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i>			
<p>Diagenetische Prozesse laufen in den Deckgebirgsschichten in den oberen Bereichen der quartärzeitlichen Sedimente ab. Sie bestehen aus Tonen, Sanden und Kiesen oder deren Mischungen. Unverfestigte Karbonate kommen nicht vor. Die älteren Deckschichten und Nebengesteine des Tertiär und Mesozoikum sind dagegen diagenetisch weitgehend konsolidiert.</p> <p>Massenberechnungen mit Hilfe der Amplitudenhöhe der Stylolithen ergaben im Salzstock Gorleben Lösungsbeträge des Sulfats von 19 % und 26 % (BÄUERLE 1998; BÄUERLE, BOR-NEMANN et al. 2000).</p>			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i>			
<p>Da das Gebiet am Referenzstandort innerhalb der nächsten Million Jahre nur eine geringe Subsidenz erfahren wird (FRISCHBUTTER 2001; LUDWIG 2001), ändern sich die Druck- und Temperaturverhältnisse nicht soweit, dass intensive diagenetisch bedingte Sedimentveränderungen zu erwarten sind, d. h. die vorhanden Lockergesteine zu Festgesteine umgeformt werden.</p>			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i>			
Keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i>	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i>	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i>		<i>Strecken und Schächte:</i>	
Nicht zu berücksichtigen		Nicht zu berücksichtigen	
<i>Wirtsgestein:</i>		<i>Deck- und Nebengebirge:</i>	
Nicht zu berücksichtigen		Nicht zu berücksichtigen	
<i>Bemerkungen:</i>			
Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.2.08.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.2.08	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Diagenese			
<i>Literaturquellen:</i>			
<p>BÄUERLE, G. (1998): Sedimentäre Texturen und Stylolithen am Top des Hauptanhydrits (Zechstein 3) im Salzstock Gorleben.-- Univ. Hannover, Dipl.-Arb.: 97 S., 67 Abb., 6 Tab., 11 Anl.; Hannover.</p> <p>BÄUERLE, G.; BORNEMANN, O.; MAUTHE, F. & MICHALZIK, D. (2000): Origin of Stylolithes in Upper Permian Zechstein Anhydrite (Gorleben Salt Dome Germany).-- J. Sed. Res., 70/3: 726-737, 19 Fig.; Lawrence/Canada.</p> <p>FRISCHBUTTER, A. (2001): Recent vertical movements (map 4). (In: GARETSKY, R. G.; LUDWIG, A. O.; SCHWAB, G. & STACKELBRANDT, W. (Hrsg.): Neogeodynamics of the Baltic Sea Depression and Adjacent Areas. Results of IGCP Project 346).-- Brandenburgische Geowiss. Beitr., 8, 1: 27-31, 1 Tab.; Kleinmachnow.</p> <p>Lexikon der Geowissenschaften. A-Edi (2000).-- Spektrum Akad. Verl. Heidelberg, Bd. 1; Berlin - ISBN 3-8274-0299-9.</p> <p>LUDWIG, A. O. (2001): Vertical movements since the beginning of Rupelian stage (map 1). (In: GARETSKY, R. G.; LUDWIG, A. O.; SCHWAB, G. & STACKELBRANDT, W. (Hrsg.): Neogeodynamics of the Baltic Sea Depression and Adjacent Areas. Results of IGCP Project 346).-- Brandenburgische Geowiss. Beitr., 8, 1: 5-12, 4 Fig.; Kleinmachnow.</p> <p>MÜLLER, T. (1999): Wörterbuch und Lexikon der Hydrogeologie. Deutsch-Englisch.-- 1. Aufl.: 367 S.; Berlin (Springer).</p>			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i>			
Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.2.09.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.2.09	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Diapirismus			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Unter Diapirismus wird das Aufdringen plastischen oder weniger dichten Materials aus tiefen Bereichen und das Durchbrechen des Materials durch das Hangende verstanden.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input checked="" type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.2.09.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.2.09	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Diapirismus			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i>			
<p>Die mit der autonomen Salzbewegung aus tieferen Bereichen verknüpften Vorgänge werden unter dem Begriff der Halokinese zusammengefasst (TRUSHEIM 1957). Eine der Voraussetzungen für das Ablaufen halokinetischer Prozesse ist eine instabile Dichteschichtung (Rayleigh-Taylor-Instabilität). Bei der Absenkung eines Beckens tritt diese in Bezug auf Steinsalzschichten ein, wenn die Deckschichten infolge der Kompaktion eine durchschnittliche Dichte von $2,2 \text{ g/cm}^3$ erreicht haben. Dies ist gegeben bei einer Überdeckung durch klastische Sedimente von wenigen hundert Metern, bei Mitwirkung karbonatischer oder sulfatischer Ablagerungen bereits ab etwa 100 m. Die potentielle Energie aus der instabilen Dichteschichtung, die für den Ablauf der Bildung von Salzstrukturen zur Verfügung steht, hängt von Mächtigkeit und Fazies der salinaren Formation sowie von Mächtigkeit und Fazies der Deckschichten ab (Lexikon der Geowissenschaften. Edu-Insti 2000). Die Entwicklungsgeschichte der Salzstrukturen, in denen sich das Salz anreichert und aufsteigt, hat ihre Entsprechung in den Salzabwanderungsgebieten. Wo Salz abwandert, sinken die Deckschichten nach, und es entstehen Senken (primäre bzw. sekundäre Randsenken), in denen verstärkt sedimentiert wird. Beim Aufdringen des Salzes können sich im Deckgebirge Grabenstrukturen bilden. Ein kompressiv wirkendes regionales tektonisches Spannungsfeld und bereits vorhandene Störungssysteme in den Deckschichten unterstützen den Salzaufstieg.</p>			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i>			
<p>Mit Hilfe der Schichtabfolgen vom Zechstein bis Quartär auf und neben der Salzstruktur des Referenzstandortes lässt sich die Entwicklungsgeschichte des Salzstocks rekonstruieren (ZIRNGAST, ZWIRNER et al. 2004: Randsenkenanalyse). Der Zechstein besaß primär eine Mächtigkeit von über 1000 m. Er weist heute außerhalb der Salzstöcke nur noch Restmächtigkeiten von 100–500 m auf. Der größte Teil des mobilen Salzes wanderte in die Salzstöcke. Die Zechsteinbasis liegt heute in einer Tiefe von –3100 bis –4450 m. Unter dem Salzstock am Referenzstandort ist die Zechsteinbasis als Hochlage ausgebildet, die zur Entstehung des Salzstocks beitrug. Allerdings fehlen bedeutende Störungszonen, die den Salzaufstieg eingeleitet haben könnten.</p> <p>Im Salzeinzugsgebiet des Salzstocks sind nach den Ergebnissen der Randsenkenanalyse von den primär max. 1400 m mächtigen Zechsteinsalzen 53% in den Salzstock gewandert. 185 km^3 Salz sind im Salzeinzugsgebiet noch vorhanden, und etwa die Hälfte davon ist im Salzstock akkumuliert. Beim Salzaufstieg traten im Bereich des Hauptsalzes in Höhe der geplanten Einlagerungssohle in 840 m Tiefe Salzfließgeschwindigkeiten von max. $0,34 \text{ mm/Jahr}$ während der Oberkreide und bis $0,07 \text{ mm/Jahr}$ im Zeitraum Miozän bis Quartär auf. Die eingewanderten Salzmenen hoben dabei die Salzstockoberfläche etwa $0,08 \text{ mm/Jahr}$ zur Oberkreidezeit und etwa $0,02 \text{ mm/Jahr}$ im Zeitraum Miozän bis Quartär. Die Berechnungen zur Randsenkenanalyse belegen, dass die Salzeinwanderung seit dem Kreidemaximum bis zur jüngsten geologischen Vergangenheit stetig abnahm. Eine Verstärkung der Aufstiegsraten innerhalb der nächsten Million Jahre würde eine sehr starke Subsidenz des Gebietes mit einer Neubildung von Sedimenten voraussetzen, die jedoch für den Referenzstandort nicht prognostiziert wird, so dass die Aufstiegsrate des Zeitraums Miozän bis Quartär auch für die kommende Million Jahre angenommen wird, was ohne Berücksichtigung von Subrosion zu</p>			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.2.09.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.2.09	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Diapirismus			
einer Hebung des Salzspiegels um etwa 20 m im Nachweiszeitraum führen würde.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Im Zentrum des Salzstockes werden die mobileren Salzgesteine um einen größeren Betrag angehoben und können im Nachweiszeitraum insgesamt 70 m höher gelegt werden. Durch weiteres Aufdringen des Salzes erfolgen eine Hebung und Erosion des Deckgebirges, und damit eine Mächtigkeitsreduzierung der Barriere Deckgebirge. Im Deckgebirge können ggf. Klüfte reaktiviert oder angelegt werden, indem durch den Aufstieg Spannungsänderungen in das Gebirge eingetragen werden. Im extremen Fall kann auch ein Scheitelgraben im Deckgebirge entstehen. Möglicherweise tritt zusätzlich verstärkte Subrosion am höher gelegenen Salzspiegel auf, wenn eine entsprechende Grundwasserdynamik vorhanden ist. Das Nebengebirge wird durch den Salzaufstieg abgesenkt (Abfluss des Salzes aus den Randsenken) woraus in den Randsenken eine verstärkte Sedimentation gegenüber den Bereichen oberhalb des Salzstocks und eine Erhöhung der Sedimentmächtigkeiten resultiert.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Keine Einschränkung innerhalb des Nachweiszeitraumes. Für die nächste Million Jahre ist davon auszugehen, dass aufgrund der verbliebenen geringen Salzmenigen unter dem Nebengebirge in Verbindung mit dem bestehenden überregionalen neotektonischen Beanspruchungsplan keine erneute massive Salzeinwanderung in die Struktur mit entscheidenden Änderungen der geologischen Standortverhältnisse stattfindet.			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Topographie und Morphologie	
<i>Resultierende FEPs:</i> Lageverschiebung des Schachtverschlusses, Feststoffgebundener Radionuklidtransport		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Grubengebäude, Erkundungssohle, Lokale Differentialbewegungen, Subrosion, Mechanisches Versagen eines Verschlussbauwerks, Lösungen im Grubenbau, Wirtsgestein, Klüfte im Wirtsgestein, Deck- und Nebengebirge, Störungen und Störungszonen, Fluidvorkommen im Wirtsgestein, Hydrochemische Verhältnisse in der Geosphäre, Topographie und Morphologie	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Wirtsgestein:</i> Wird berücksichtigt		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Wird berücksichtigt	

<i>FEP-Nr.:</i> 1.2.09.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.2.09	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Diapirismus			
<i>Bemerkungen:</i> Keine			
<i>Literaturquellen:</i> Lexikon der Geowissenschaften. Edu-Insti (2000).-- Spektrum Akad. Verl. Heidelberg, Bd. 2 ; Berlin - ISBN 3-8274-0421-5. TRUSHEIM, F. (1957): Über Halokinese und ihre Bedeutung für die strukturelle Entwicklung Norddeutschlands.-- Z. dt. geol. Ges., 109/1 : 111-151, 14 Abb.; Hannover. ZIRNGAST, M.; ZWIRNER, R.; BORNEMANN, O.; FLEIG, S.; HOFFMANN, N.; KÖTHE, A.; KRULL, P. & WEISS, W. (2004): Projekt Gorleben. Schichtenfolge und Strukturbau des Deck- u. Nebengebirges. Abschlussbericht.-- BGR, unveröffentl. Ber.: 570 S., 42 Abb., 32 Tab., 195 Anl., 1 Anh.; Hannover.			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.2.09.02	<i>NEA-Nr.:</i> 1.2.09	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Subrosion			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Subrosion ist die unter der Erdoberfläche durch Grundwässer stattfindende Ablaugung an leichtlöslichen Gesteinen, insbesondere Salze.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input checked="" type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input checked="" type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Wirtsgestein			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.2.09.02	<i>NEA-Nr.:</i> 1.2.09	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Subrosion			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i>			
<p>Die Löse- und Reaktionsfähigkeit von Salzgestein ist abhängig von der chemischen Zusammensetzung zutretender Lösungen. Eine Salzauflösung (Subrosion) findet am Salzspiegel in der Regel statt, da gering mineralisiertes Grundwasser bei entsprechender Ausbildung des Deckgebirges an den Bereich des Salzspiegels dringen kann.</p> <p>Ein morphologisch gegliederter Salzspiegel mag Senken und Taschen aufweisen, in denen sich gesättigte Lösungen befinden, die nur unwesentlich am Grundwassertransport teilnehmen. An diesen Stellen können über längere Zeit die Subrosionsraten klein bleiben.</p> <p>Die Subrosionsraten verschiedener Salzstöcke können je nach geologischer Situation unterschiedlich hoch sein. Grundsätzlich findet eine Ablaugung an den Salzspiegeln der in Nordwestdeutschland vorkommenden Salzstöcke bis in eine Tiefe von ca. 180 m statt. In Salzspiegeltiefen von ca. 180 m bis 420 m sind besondere Randbedingungen erforderlich, damit sich eine entsprechende Ablaugung des Salzes in Form von Subrosionserscheinungen wie Subrosionssenken, Erdfällen oder Grundwasserversalzungen manifestieren kann (KELLER 1990).</p> <p>Eine Subrosion am Salzspiegel ist für die Bildung des Hutgesteins verantwortlich. Sie reduziert mit der Zeit die Barriere Wirtsgestein.</p>			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i>			
<p>Das Subrosionsgeschehen am Referenzstandort ist in der Vergangenheit durch die im Salzspiegel angelegte Rinne und kaltzeitliche Prozesse im hohen Maße beeinflusst worden (z. B. BOULTON, GUSTAFSON et al. 2001). Für die Zeiträume Miozän bis Quartär werden Subrosionsraten von 0,01 mm/Jahr bis 0,02 mm/Jahr bestimmt (ZIRNGAST 1990, 1991; ZIRNGAST, ZWIRNER et al. 2004). Dagegen belegen die Ausbildung der Hutgesteinsbrekzie, die Ablagerungen des geschichteten Gips- und Anhydritgesteins (BORNEMANN, BEHLAU et al. 2004) sowie die Lage der Holsteinbasis über dem Salzstock eine lokale Subrosion im Zeitraum von der Anlage der quartären Rinnen bis Postholstein mit durchschnittlichen Ablaugungsraten von 0,2 mm/Jahr bis 0,3 mm/Jahr.</p> <p>Für den Zeitraum der letzten 127.000 Jahre seit dem Beginn der Eem-Warmzeit konnten über der Salzstruktur am Referenzstandort im zentralen Bereich bis zum südwestlichen Ende des Salzstocks keine Subrosions- oder Einsenkungsbewegungen (Subsidenz) mit geologischen Methoden nachgewiesen werden. Einige Grundwässer zeigen allerdings im tieferen Bereich der Rinne Isotopensignaturen, die aufgrund ihrer lokalen Position und ihres holozänen Alters eine geringe rezente Subrosion am Salzspiegel wahrscheinlich machen (KLINGE 1994; KLINGE, BOEHME et al. 2004; KLINGE, RÜBEL et al. 2000; KLINGE, VOGEL et al. 1998; ZIRNGAST, ZWIRNER et al. 2004). Die sehr geringe Subrosionstätigkeit wird auch durch die Tatsache unterstrichen, dass verglichen zu früheren Kaltzeiten der Salzspiegel aufgrund der epirogenetischen Absenkung des Gebietes tiefer liegt, so dass gering mineralisierte Grundwässer weniger gut an das Salz gelangen bzw. hochsaline Wässer über dem Salzspiegel ersetzen können.</p>			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i>			
<p>Wegen der Tiefenlage des Salzspiegels ist die heutige Subrosionswirkung als gering zu bewerten. Unter Zugrundelegung der langfristigen Raten würde innerhalb einer Million Jahre 10 m bis 20 m Salz gelöst werden können. Gleichzeitig kommen Sedimente entsprechender Mächtigkeit zur Ablagerung und die Mächtigkeit des Deckgebirges erhöht sich, wobei damit</p>			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.2.09.02	<i>NEA-Nr.:</i> 1.2.09	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Subrosion			
<p>einhergehend eine Beeinflussung der lokalen oberflächennahen Grundwasserverhältnisse möglich ist. Kein Einfluss des FEP auf das Nahfeld, da die Wirtsgesteinsbarriere in ausreichender Mächtigkeit vorhanden ist und selbst bei höchsten Subrosionsraten im Nachweiszeitraum nicht weggelöst werden kann. Im Deckgebirge hat der Prozess lediglich lokalen Charakter und bewirkt angesichts der hochpermeablen und weit verbreiteten Aquifersysteme keine grundlegenden Änderungen der Fließverhältnisse. Die Schachtdichtbauwerke sind weit genug unterhalb des Salzspiegels eingebaut, so dass sie durch die Subrosion nicht beeinflusst werden können. Der darüber liegende Schachtausbau ist nicht zu betrachten, da seine Standzeit gering ist verglichen mit Zeiträumen, in denen Subrosion relevant werden kann.</p>			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i> Geosphäre: Grundwasserströmung		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Diapirismus, Permafrost, Hydrogeologische Veränderungen, Hydrochemische Verhältnisse in der Geosphäre, Temperaturänderung am Salzspiegel	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Lokale Differentialbewegungen, Wirtsgestein, Störungen und Störungszonen, Hydrochemische Verhältnisse in der Geosphäre	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Wirtsgestein:</i> Wird berücksichtigt		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Bemerkungen:</i> Keine			
<i>Literaturquellen:</i> BORNEMANN, O.; BEHLAU, J.; KELLER, S.; MINGERZAHN, G. & SCHRAMM, M. (2004): Projekt Gorleben, Standortbeschreibung Gorleben - Teil III: Ergebnisse der Erkundung des Salinars. Abschlussbericht zum AP G 412110000.-- BGR, unveröffentl. Ber.: 222 S., 29 Abb., 6 Tab., 4 Anl., 1 Anh.; Hannover.			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.2.09.02	<i>NEA-Nr.:</i> 1.2.09	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Subrosion			
<p>BOULTON, G. S.; GUSTAFSON, G.; SCHELKES, K.; CASANOVA, J. & MOREN, L. (2001): Palaeo-hydrogeology and geoforecasting for performance assessment in geosphere repositories for radioactive waste disposal (Pagepa). Final report.-- Office for Official Publications of the European Communities. Nuclear Science and Technology, EUR 19784 EN: 147 S., 2 Ann.; Luxemburg.</p> <p>KELLER, S. (1990): Das Ablaugungsverhalten der Salzstöcke in NW-Deutschland (Abschl.-Ber. des BMFT-Förderungsvorhabens KWA 5801 9 "Langzeitsicherheit der Barriere Salzstock", Teilprojekt III).-- BGR, unveröffentl. Ber., 106570: 87 S., 17 Abb., 9 Tab., 3 Anl.; Hannover.</p> <p>KLINGE, H. (1994): Zusammenfassende Bearbeitung der chemischen und isotopengeochemischen Zusammensetzung der Grundwässer im Deckgebirge des Salzstocks Gorleben und seiner Randsenken. Projektgebiet Gorleben-Süd.-- BGR, unveröffentl. Ber., 111699: 234 S., 76 Abb., 6 Tab., 7 Anh. mit 27 Abb.; Hannover.</p> <p>KLINGE, H.; BOEHME, J.; GRISSEMAN, C.; HOUBEN, G.; LUDWIG, R. R.; SCHELKES, K. & SCHILDKNECHT, F. (2004): Projekt Gorleben, Standortbeschreibung, Teil II: Deckgebirge Hydrogeologie. Abschlussbericht zum Arbeitspaket 9G3411800000.-- BGR, unveröffentl. Ber., 0124271: 295 S., 95 Abb., 18 Tab., 12 Anh.; Hannover.</p> <p>KLINGE, H.; RÜBEL, A.; SUCKOW, A. & BEUSHAUSEN, M. (2000): Isotope hydrogeological studies on the salt water flow above the Gorleben salt dome. (In: Proc. 16th SWIM, Miedzydroje-Wolin Island 2000).-- Nicholas Copernicus University, Vol. 80: 95-102, 7 Fig.; Torun/Polen.</p> <p>KLINGE, H.; VOGEL, P.; BOEHME, J.; LUDWIG, R. & SCHELKES, K. (1998): Freshwater/saltwater distribution in the aquifer system above the Gorleben salt dome and special aspects of simulation of brine transport. (In: Proc. DISTEC '98, International Conference on Radioactive Waste Disposal, Hamburg, Sept. 9-11, 1998).-- Kerntechn. Ges.: 133-138, 5 Fig.; Hamburg - ISBN 3-98066415-0-3.</p> <p>ZIRNGAST, M. (1990): Begrenzung und Volumen des Salzstocks Gorleben.-- BGR, unveröffentl. Ber., 106565: 8 S., 8 Abb., 5 Anl.; Hannover.</p> <p>ZIRNGAST, M. (1991): Die Entwicklungsgeschichte des Salzstocks Gorleben - Ergebnisse einer strukturgeologischen Bearbeitung.-- Geol. Jb., A 132: 3-31, 17 Abb., 2 Tab., 1 Taf.; Hannover.</p> <p>ZIRNGAST, M.; ZWIRNER, R.; BORNEMANN, O.; FLEIG, S.; HOFFMANN, N.; KÖTHE, A.; KRULL, P. & WEISS, W. (2004): Projekt Gorleben. Schichtenfolge und Strukturbaue des Deck- u. Nebengebirges. Abschlussbericht.-- BGR, unveröffentl. Ber.: 570 S., 42 Abb., 32 Tab., 195 Anl., 1 Anh.; Hannover.</p>			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i>			
Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.2.10.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.2.10	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Einfluss geologischer Veränderungen auf die Hydrogeologie			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Die hydrogeologischen Verhältnisse werden im Wesentlichen durch die morphologische und strukturelle Entwicklung eines Gebietes, die Wasserdurchlässigkeit der Gesteine, die Diagenese, die geochemischen Verhältnisse und das Erosions- und Sedimentationsgeschehen bestimmt.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input checked="" type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.2.10.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.2.10	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Einfluss geologischer Veränderungen auf die Hydrogeologie			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i>			
<p>Unter den bestehenden Verhältnissen und bei ungestörten Abläufen sind Veränderungen des bestehenden hydrogeologischen Systems nur in einem Ausmaß zu erwarten, wie sie die Geschwindigkeit geologischer Prozesse in Zeiträumen von mehreren Hunderttausend bis Millionen Jahren mit sich bringt. Sie sind damit relativ langsam. Relativ rasche Veränderungen ergeben sich durch klimatische Änderungen im Rahmen weiterer zukünftiger Kaltzeiten oder infolge klimatisch bedingter Meeresüberflutung. Diese Zusammenhänge werden im FEP „Hydrogeologische Veränderungen aufgrund Klimawandel“ behandelt.</p>			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i>			
<p>Geologische Veränderungen des Deck- und Nebengebirges mit einer zu erwartenden Änderung der hydrogeologischen Verhältnisse sind in naher geologischer Zukunft durch Kaltzeiten bestimmt. Andere geologische Prozesse wie z. B. Diapirismus, Senkung oder Hebung der Erdkruste laufen am Standort zu langsam ab, so dass deren Einflüsse gering sind.</p> <p>Die Grundwasserfließrichtung gibt Auskunft über potentielle Fließwege durch das Deckgebirge zur Biosphäre. Im oberflächennahen Bereich des oberen mit Süßwasser erfüllten Aquifers erfolgt die großräumige Grundwasserbewegung am Referenzstandort Gorleben etwa parallel zur Elbe von SE nach NW. Im unteren Salzwasseraquifer der Gorlebener Rinne sind die Fließverhältnisse durch Dichteunterschiede und damit wechselnde Druckgradienten wesentlich komplizierter (vgl. KLINGE 1994; KLINGE, BOEHME et al. 2004). Das vorhandene Strömungsbild hat Bestand, solange sich nicht das Grundwasserneubildungsgebiet, die Durchlässigkeit der Sedimente und die Dichteverhältnisse ändern.</p>			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i>			
<p>Die Grundwasserfließgeschwindigkeit wird über die Durchlässigkeit der Sedimente und den hydraulisch wirksamen Drücken gesteuert.</p> <p>Der Einfluss geologischer Änderungen im Deck- und Nebengebirge, die auf der tektonischen Entwicklung und dem Erosions- und Sedimentationsgeschehen beruhen, bleibt aufgrund der geringen Intensität dieser langsam ablaufenden Prozesse am Referenzstandort ohne Bedeutung.</p>			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i>			
<p>Ab der Zeit von 10.000 Jahren nach heute werden für das zukünftige Klima kaltzeitliche Verhältnisse von einem Ausmaß der letzten Weichsel-Kaltzeit prognostiziert. Die Dauer dieses Zeitabschnittes wird bis ca. 100.000 bis 150.000 Jahre nach heute geschätzt (z. B. GERARDI, WILDENBORG 1999). Eine Abfolge von mehreren Kaltzeiten ist im Nachweiszeitraum möglich, wenn Klimaänderungen (Verlängerung des augenblicklichen Interglazials) nicht wirksam werden.</p>			
<u>Abhängigkeiten:</u>			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.2.10.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.2.10	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Einfluss geologischer Veränderungen auf die Hydrogeologie			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i>	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i>	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Bemerkungen:</i> Keine			
<i>Literaturquellen:</i> GERARDI, J. & WILDENBORG, A. B. F. (1999): Langzeitprognose der Auswirkungen klimagesteuerter geologischer Prozesse auf die Barrieren des Endlagers Morsleben.-- BGR, unveröffentl. Ber., 117869 : 144 S., 95 Abb., 20 Tab., 24 Anl.; Hannover. KLINGE, H. (1994): Zusammenfassende Bearbeitung der chemischen und isotopengeochemischen Zusammensetzung der Grundwässer im Deckgebirge des Salzstocks Gorleben und seiner Randsenken. Projektgebiet Gorleben-Süd.-- BGR, unveröffentl. Ber., 111699 : 234 S., 76 Abb., 6 Tab., 7 Anh. mit 27 Abb.; Hannover.			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.3.01.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.3.01	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Globale klimatische Veränderungen			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Globale klimatische Änderungen bedeuten eine Änderung der globalen Temperaturen und Niederschläge über lange geologische Zeiträume.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input checked="" type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input checked="" type="checkbox"/> indirekt <input type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.3.01.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.3.01	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Globale klimatische Veränderungen			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i>			
<p>Globale klimatische Veränderungen beruhen in geologischen Zeitabläufen kurzfristig auf variierende Intensitäten der Sonneneinstrahlung. Anthropogen bedingte Treibhausgasemissionen werden als Ursachen für eine globale Klimaveränderung in nächster Zukunft diskutiert. Als Ursachen für eine globale Klimaänderung kommen langfristig terrestrische und extraterrestrische Faktoren in Frage. Es werden als auslösende Faktoren diskutiert:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Änderung der primären Sonnenstrahlung und der Menge an interstellaren Materie zwischen Erde und Sonne, • Drift von Kontinenten mit Veränderung der großen Meeresströmungen, • Gebirgsbildung, Änderung der Zusammensetzung der Atmosphäre, Vulkanismus und • Änderung der Erdbahnelemente. <p>Die einzelnen Faktoren erscheinen jeder für sich teilweise zu schwach für eine drastische Klimaänderung. Man geht daher von einer Koppelung von verschiedenen Faktoren und einer Verstärkung der Effekte durch Rückkoppelung aus, v. a. über die Albedo. Die primäre Sonnenstrahlung ist der bei weitem wichtigste Parameter für das Klima der Erde. Geringe Änderungen können drastische Klimawechsel erzeugen. Kurzperiodische Änderungen wie der Sonnenfleckenzyklus (z. B. Maunder-Minimum, "Kleine Eiszeit" des 17. u. 18. Jahrhunderts) werden als klimawirksam eingeschätzt. Die über Jahrtausende verlaufende Drift von Kontinenten in Polbereiche - heute die Antarktis - scheint ein wesentlicher Faktor für die Entstehung von Eiszeitaltern zu sein. Auch die Entstehung von durch Kontinente abgegrenzten Meeresbereichen in Polnähe - heute Arktis - ist ebenso wie die Heraushebung von Erdkrustenteilen in große Höhen durch Gebirgsbildung, z. B. Himalaya mit Tibet, förderlich für die Akkumulation von Schnee und Eis.</p> <p>Für die Steuerung der Zyklizität innerhalb der Eiszeitalter, der wiederkehrende Wechsel von Kaltzeit zu Warmzeit, werden heute allgemein die Erdbahnparameter, Exzentrizität der Erdbahn mit Perioden von 413 000 und 95 000 Jahren, die Schiefe der Ekliptik mit einer Periode von 41 000 Jahren und die Präzessionsbewegung der Erdachse mit Perioden von 23 000 und 19 000 Jahren verantwortlich gemacht. Letztere führt zum Umlauf des Perihels. Die aus diesen Elementen berechnete Schwankungskurve der Sonneneinstrahlungsstärken wird als Milanković-Kurve bezeichnet. Weil die Perioden 100 000 und 41 000 Jahre auch im Kaltzeit-Warmzeit-Zyklus dominieren, wird ein enger Zusammenhang angenommen. Die Dauer eines Kaltzeit (Glazial)-Warmzeit (Interglazial) - Zyklus beträgt im Mittel- und Oberpleistozän etwa 100 000 Jahre. Im Unterpleistozän bis ca. 800 000 Jahre BP herrscht ein kürzerer Zyklus von ca. 20 000/40 000 Jahre vor.</p> <p>Der Beginn einer Kaltzeit ist aber nicht mit dem sofortigen Erreichen tiefster Temperaturen gleichzusetzen. Das Maximum der Abkühlung tritt, wie am Beispiel der Weichsel-Kaltzeit ersichtlich, erst mit einer gewissen Verzögerung am Ende auf, wobei es im Verlaufe der Kaltzeit insbesondere während der frühen Phase zu einem Kalt-Warm-Wechsel von Stadialen und Interstadialen kommt (z. B. BEHRE, LADE 1986), die eine Dauer von ca. 10 000 Jahren umfassen. Anhand der Sauerstoffisotopen-Kurve des GRIPP-Eiskerns, die einen Wechsel im globalen Eisvolumen reflektiert, ist ersichtlich, dass diese Phasen von Klimaschwankungen in unterschiedlicher Intensität modifiziert sind. Die Dansgaard-Oeschger-Zyklen im Zeitrahmen eines Millenniums z. B. begründen sich auf kurzfristige Temperaturerhöhungen von 5 bis 15 °C</p>			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.3.01.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.3.01	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Globale klimatische Veränderungen			
<p>innerhalb weniger Zehnerjahre (SKB 2001: 68ff.; Fig. A1-1).</p> <p>Zum Höhepunkt der Weichsel-Kaltzeit (20 000-18 000 Jahre BP) lagen die Januar-Mitteltemperaturen in Mitteleuropa um -28 bis -30 °C, im Juli bei etwa +8 °C und im Jahresmittel bei ca. -12 °C (LOWE, WALKER 1997: Fig. 3.17), wobei regional Abweichungen von den Werten möglich waren.</p> <p>Die extrem kalten Stadiale der Kaltzeiten waren ausgesprochen trockene Zeitabschnitte. In der Weichsel-Kaltzeit fielen in Mitteleuropa ca. 500 mm Niederschlag weniger als heute. In den kaltzeitlichen Interstadialen herrschten ausgeglichene klimatische Verhältnisse. Es konnte sich eine Tundravegetation, in ausgeprägten Interstadialen sogar ein Birken-Kiefern-Wald entwickeln.</p> <p>Ausgehend von der Annahme, dass sich das auf den Milanković-Zyklen aufbauende Muster der quartären Klimavariationen fortsetzen wird, gestatten Klimamodelle eine Prognose für das zukünftige Klima. Die bislang möglichen Rechnungen zeigen, dass eine nächste Kaltzeit vom Typ Weichsel innerhalb der nächsten hunderttausend Jahre möglich ist (BERGER, LOUTRE 1995; BOULTON, GUSTAFSON et al. 2001; BOULTON, PAYNE 1992; FORSSTRÖM 1999).</p> <p>Eine Simulation des Eisvolumens auf der nördlichen Halbkugel zeigt die allmähliche Zunahme des Eises (LOUTRE 1997 zit. in GERARDI, WILDENBORG 1999). Danach wird ein erster kleinerer Vorstoß des Inlandeises in Skandinavien in der Zeit von etwa 23 ka nach heute erwartet. Weitere folgen nach etwa 65 ka mit $21 \cdot 10^6 \text{ km}^3$ und 102 ka nach heute mit $33,3 \cdot 10^6 \text{ km}^3$. Das glaziale Maximum einer nächsten Kaltzeit soll bei etwa 154 ka nach heute liegen und zwar mit einem totalen Eisvolumen, das mit dem des letzten Maximums der Weichsel-Kaltzeit ($46,3 \cdot 10^6 \text{ km}^3$) vergleichbar ist. Zusammenfassende Informationen zur zeitlichen Variabilität der Klimaänderungen liegen zudem von GOODESS, WATKINS et al. (1999), IPCC (2001) und NIREX (1997) vor. Für die weitere geologische Zukunft können Eiszeiten auch vom Typ Elster oder Saale nicht ausgeschlossen werden.</p> <p><i>Die Zusammensetzung der Atmosphäre ist ein wesentlicher das Klima steuernder Faktor. Die Konzentration von Wasserdampf, Kohlendioxid, Methan und Ozon, hat Einfluss auf die Temperatur der Erdoberfläche. In den vulkanischen Gasen ist neben Kohlendioxid und Wasserdampf auch die schwefelige Säure enthalten. Im Zusammenhang mit den anthropogen bedingten Emissionen solcher "Treibhausgase" ist die Verlängerung des augenblicklichen Interglazials wahrscheinlich, so dass die natürliche Entwicklung zu einer nächsten Kaltzeit gestört wird (z. B. BIOCLIM 2001; LOUTRE, BERGER 2000; MYSAK 2006). Im Extremfall bei zunehmender Produktion von Treibhausgasen soll sich die natürliche Entwicklung des Klimas erst nach 500 ka wieder fortsetzen.</i></p>			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i>			
<p>Sollte eine anthropogen bedingte globale Klimaänderung in der nahen Zukunft mit einer Erhöhung der Jahresmitteltemperaturen Wirklichkeit werden, so ist am Referenzstandort in deren Gefolge vermutlich mit höheren Niederschlägen zu rechnen (DOW, DOWNING 2006; vgl. aber a. BECKER 2003).</p>			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.3.01.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.3.01	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Globale klimatische Veränderungen			
<p>Modellrechnungen zur globalen Klimaentwicklung für die nahe geologische Zukunft machen bei einer ungestörten Entwicklung auf Basis der Werte für die nicht anthropogen beeinflusste Sonneneinstrahlung eine erneute Kaltzeit vom Typ Weichsel wahrscheinlich. Werden die Untersuchungsergebnisse als richtig unterstellt, wird die gegenwärtige Warmzeit etwa ab 25ka nach heute enden.</p>			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i>			
<p>Auswirkungen bestehen auf das Deck- und Nebengebirge und das Wirtsgestein. Sie werden in den jeweiligen speziellen standortspezifischen Klima-FEPs beschrieben. Das Nahfeld ist wg. seiner räumlichen Trennung (> 850 m Tiefe), die Schächte sind wg. des zeitlichen Verlaufs zu erwartender globaler klimatischer Veränderungen (nächste Kaltzeit ab 100.000 J.) im Vergleich zu den Schachtstandzeiten (< 10.000 J.) nicht betroffen.</p>			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i>			
Keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i>	
Menschlicher Einfluss auf das Klima			
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i>	
Transgression, Regression, Permafrost, Inlandvereisung in randlicher Lage, Vollständige Inlandsvereisung, Hydrogeologische Veränderungen, Veränderung des Ökosystems, Veränderungen der menschl. Lebensweise		Erosion, Sedimentation, Geosphäre: Grundwasserströmung, Hydrochemische Verhältnisse in der Geosphäre, Mikrobielle Verhältnisse in der Geosphäre, Oberflächengewässer	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i>		<i>Strecken und Schächte:</i>	
Nicht zu berücksichtigen		Nicht zu berücksichtigen	
<i>Wirtsgestein:</i>		<i>Deck- und Nebengebirge:</i>	
Wird berücksichtigt		Wird berücksichtigt	
<i>Bemerkungen:</i>			
Keine			
<i>Literaturquellen:</i>			
<p>BECKER, A. (2003): Beitrag zur Erstellung einer Referenzbiosphäre zur Berechnung der in der Nachbetriebsphase eines Endlagers für radioaktive Stoffe hervorgerufenen potentiellen Strahlenexposition unter Berücksichtigung des Einflusses des Klimas.-- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), Schriftenreihe Reaktorsicherheit und Strahlenschutz BMU - 2003-623: 233 S.; Bonn.</p>			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.3.01.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.3.01	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	

Globale klimatische Veränderungen

- BEHRE, K.-E. & LADE, U. (1986): Eine Folge von Eem und 4 Weichsel-Interstadialen in Oerel/Niedersachsen und ihr Vegetationsverlauf.-- *Eiszeitalter u. Gegenwart*, **36**: 11-36, 12 Abb., 2 Tab., 2 Taf.; Hannover.
- BERGER, A. & LOUTRE, M.-F. (1995): The Climate of the next 100,000 Years. (In: BEAUDOIN, B.; GODEFROY, P. & MOURoux, B. (Eds.): *Actes du Colloque GEOPROSPECTIVE*, 18-19 april 1994).-- UNESCO: 69-76, 3 Fig.; Paris.
- BIOCLIM (2001): Global climatic features over the next million years and recommendations for specific situations to be considered. Modelling Sequential Biosphere Systems under Climate Change for Radioactive Waste Disposal, Deliverable D3.-- Agence Nationale pour la Gestion des Dechets Radioactifs (ANDRA), EC-Contract: FIKW-CT-2000-00024: 27 S., 12 Fig., 3 Tab.; Paris.
- BOULTON, G. S.; GUSTAFSON, G.; SCHELKES, K.; CASANOVA, J. & MOREN, L. (2001): Palaeo-hydrogeology and geoforecasting for performance assessment in geosphere repositories for radioactive waste disposal (Pagepa). Final report.-- Office for Official Publications of the European Communities. Nuclear Science and Technology, **EUR 19784 EN**: 147 S., 2 Ann.; Luxemburg.
- BOULTON, G. S. & PAYNE, A. (1992): Reconstructing the past and predicting the future regional components of global change: The case of glaciation in Europe.-- Proc. Workshop WC-1 (Waste Disposal and Geology Scientific Perspectives), 29th Int. Geol. Congr.: 51-134, 37 Fig.; Tokyo/Japan.
- DOW, K. & DOWNING, T. E. (2006): The Atlas of Climate Change. Mapping the world's greatest challenge.-- University of California Press: 112 S.; Berkeley/USA.
- FORSSTRÖM, L. (1999): Future glaciation in Fennoscandia.-- Posiva OY, POSIVA, **99-30**: 31 S., 11 Fig.; Helsinki - ISBN 951-652-085-5.
- GERARDI, J. & WILDENBORG, A. B. F. (1999): Langzeitprognose der Auswirkungen klimage-steuerter geologischer Prozesse auf die Barrieren des Endlagers Morsleben.-- BGR, unveröffentl. Ber., **117869**: 144 S., 95 Abb., 20 Tab., 24 Anl.; Hannover.
- GOODNESS, C. M.; WATKINS, S. J.; BURGESS, P. E. & PALUTIKOF, J. P. (1999): Assessing the Long-Term Future Climate of the British Isles in Relation to the Deep Underground Disposal of Radioactive Waste.-- NIREX, Nirex Report **N/010**: 193 S., 41 Fig., 16 Tab., 2 App.; Oxfordshire/U.K.
- IPCC (2001): Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. (In: HOUGHTON, J. T.; DING, Y.; GRIGGS, D. J.; NOGUER, M.; VAN DER LINDEN, P. J.; DAI, X.; MASKELL, K. & JOHNSON, C. A. (eds).-- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC): 881 S.; Cambridge/U.K. (Cambridge University Press).
- LOUTRE, M.-F. & BERGER, A. (2000): Future climatic changes: are we entering an exceptionally long interglacial?-- *Climatic Change*, **46**: 61-90, 12 Fig.; Amsterdam/Netherlands.

<i>FEP-Nr.:</i> 1.3.01.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.3.01	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Globale klimatische Veränderungen			
<p>LOWE, J. J. & WALKER, M. J. C. (1997): Reconstructing Quaternary Environments.-- 2. Aufl.: 446 S.; Harlow/U. K. (Longman) - ISBN 0-582-10166-2.</p> <p>MYSAK, L. A. (2006): Glacial Inceptions: Past and Future (Alfred Wegener Medal Lecture).-- Geophysical Research Abstracts, Vol. 8: 11031; Strasbourg/European Geosciences Union.</p> <p>NIREX (1997): A Critical Review of the Climate Literature relevant to the Deep Disposal of Radioactive Waste.-- NIREX, Science Report, Nirex Safety Assessment Research Programme S/97/009: 294 S., 35 Fig., 3 Tab.; Oxfordshire/U.K.</p> <p>SKB (2001): Impact of long-term climate change on a deep geological repository for spent nuclear fuel.-- Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co (SKB), TR- 99-05: 117 S., App. A-D; Stockholm.</p>			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i>			
Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.3.02.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.3.02	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Lokale Klimaänderung			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Unter einer lokalen Klimaänderung ist die dauerhafte oder über einen gewissen Zeitraum wirksame Veränderung des Wettergeschehens in einem bestimmten Gebiet von etwa der Flächengröße einer Großstadt zu verstehen, das in einer homogen großräumigen Klimazone liegt.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input checked="" type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.3.02.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.3.02	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Lokale Klimaänderung			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i>			
<p>Anthropogen bedingte morphologische Veränderungen können ebenfalls örtlich zu Klimaänderungen führen. Beispiel ist die ca. 300 m hohe Sophienhöhe, eine Großhalde der Rheinischen Braunkohlereviere „Fortuna“ und „Hambach“. Hier kommt es auf der Luv-Seite zu höheren Niederschlagsraten, auf der Lee-Seite zu geringeren. Ein anderes Beispiel wäre die Aufforstung großer Flächen, wobei große Waldgebiete durch ihre klimatische und hydrologische Ausgleichswirkung ein Regionalklima für die Dauer ihrer Existenz beeinflussen können.</p> <p>Das lokale Klima wird durch regionale/globale Klimaveränderungen gesteuert.</p>			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i>			
<p>Der Referenzstandort befindet sich in der relativ flachen Landschaft der Norddeutschen Tiefebene. Er liegt heute nach der Köppen-Geiger-Klassifikation in der Klimazone Cfb, die sich durch ein warmgemäßigtes (C), ganzjährig feuchtes (Cf) Regenklima mit kalten Sommertemperaturen (Cfb; durchschnittliche Temperatur des wärmsten Monats < 22° C) auszeichnet (vgl. a. FEP Feuchtwarme Klimaverhältnisse). Das Gebiet um den Referenzstandort kennzeichnet im Vergleich zum westlichen Norddeutschland ein relativ niederschlagsarmes, stärker kontinental geprägtes Klima. Es kann im regionalen Maßstab wegen seiner einheitlichen Geländeform und der geringen Größe im Hinblick auf die Klimadaten als homogen betrachtet werden (KLINGE, BOEHME et al. 2004: 31).</p> <p>Das hydrogeologische Untersuchungsgebiet um den Referenzstandort ist 475 km² groß und wird derzeit zu etwa 40% mit Wald bedeckt. Die Vegetationsverhältnisse im Untersuchungsgebiet unterlagen in den letzten Jahrhunderten und Jahrzehnten erheblichen Änderungen. Nach der Karte der kurhannoverschen Landesaufnahme war um 1780 wesentlich weniger Wald vorhanden als heute. Seinerzeit wurden die meisten Flächen des Gartower Forstes südlich der Elbe als Hutung oder in geringem Umfang ackerbaulich genutzt; auch der Höhenbeck war weitgehend waldfrei. Die Aufforstungen mit Kiefern erfolgten erst Mitte bis Ende des 19. Jahrhunderts. Die natürliche Laubwaldvegetation der Geest ist verdrängt worden; nur in den Niederungen wie dem Elbholz sind Reste der natürlichen Flussauenvegetation erhalten geblieben (KLINGE, BOEHME et al. 2004: 33). Mit der Wiederaufforstung ging eine Verringerung der Landschaftserosion einher. Eine lokale Klimaänderung ist aber verglichen mit dem weiteren regionalen Umfeld nicht feststellbar.</p>			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i>			
<p>Lokale Klimaänderungen können bewirken, dass am Standort im Jahresdurchschnitt mehr oder auch weniger Niederschläge fallen, als regional üblich. Höhere Niederschlagsraten erhöhen die Grundwasserneubildungsraten, niedrigere senken sie ab. Dies hätte Einfluss auf die Grundwasserstände im Deck- und Nebengebirge.</p> <p>Die von der Walddichte und -größe abhängigen oberflächigen Abflussmengen beeinflussen das Erosions- und die Subrosionsgeschehen.</p>			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.3.02.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.3.02	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Lokale Klimaänderung			
<p>In dem relativ einheitlichen Großraum der Norddeutschen Tiefebene sind die möglichen Auswirkungen lokaler Klimaänderungen aber nur gering, da geologische Prozesse mit Ausnahme der im Rahmen der Kaltzeiten ablaufenden nicht zu lokalen, eng begrenzten, gegenüber dem weiteren norddeutschen Umfeld deutlich unterscheidbaren morphologischen Differenzierungen führen.</p> <p>Insgesamt gilt, dass lokale Klimaänderungen am Referenzstandort aufgrund landschaftlicher Besonderheiten nur eine Modulation des regionalen großräumigen Klimageschehens darstellen werden.</p>			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i>	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i>	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Bemerkungen:</i> Keine			
<i>Literaturquellen:</i> KLINGE, H.; BOEHME, J.; GRISSEMANN, C.; HOUBEN, G.; LUDWIG, R. R.; SCHELKES, K. & SCHILDKNECHT, F. (2004): Projekt Gorleben, Standortbeschreibung, Teil II: Deckgebirge Hydrogeologie. Abschlussbericht zum Arbeitspaket 9G3411800000.-- BGR, unveröffentl. Ber., 0124271 : 295 S., 95 Abb., 18 Tab., 12 Anh.; Hannover.			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.3.03.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.3.03	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Transgression/Regression			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Transgression/Regression bedeuten die durch land-/seewärtige Verlagerung der Küstenlinie verursachte Überflutung des Standortes bzw. sein Trockenfallen.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input checked="" type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input checked="" type="checkbox"/> indirekt <input type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.3.03.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.3.03	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Transgression/Regression			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i>			
<p>Transgressionen/Regressionen können durch regionale tektonische Absenkung und/oder Epirogenese des Festlandes oder durch eustatischen, also weltweit gleichzeitig erfolgenden und kaltzeitlich verursachten Meeresspiegelanstieg ausgelöst werden.</p> <p>Die eustatische Meeresspiegelschwankung bedeutet weltweit wirksame Meeresspiegeländerungen, die entweder auf Volumenänderungen der Meeresbecken beruhen oder auf Massenverlagerungen des Wassers infolge klimabedingter Veränderungen des Wasserhaushalts. So bewirkte beispielsweise während des letzten Glazials die Bindung des Wassers in Eismassen eine weltweite Meeresspiegelabsenkung von mehr als 100 m. Das völlige Abschmelzen der heutigen Gletscher würde einen Meeresspiegelanstieg um ca. 60 m nach sich ziehen.</p> <p>Sichtbarer Ausdruck einer Transgression ist die Überlagerung kontinentaler durch flachmarine Sedimente bzw. generell die Überlagerung küstennaher durch jeweils küstenfernere Ablagerungen („deepening upward-Zyklen“). Diese diachrone Verschiebung von Faziesgürteln ist sowohl biostratigraphisch als auch mit Hilfe der seismischen Stratigraphie (Sequenzstratigraphie) belegbar.</p>			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i>			
<p>Das heutige Geländere relief in der unmittelbaren Umgebung des Referenzstandortes umfasst Höhen zwischen 15 m ü. NN und 76 m ü. NN (DUPHORN, KABEL et al. 1983). Der Referenzstandort liegt bei etwa 30 m ü. NN. Die Küstenlinie der Ostsee befindet sich z. Zt. in etwa 100 km, diejenige der Nordsee in etwa 190 km Entfernung. Unter der Annahme, dass sich das Gebiet um den Referenzstandort in der nächsten Million Jahre absenkt, wird eine Transgression zu erwarten sein. Eine Regression findet während einer erneuten Kaltzeit statt.</p>			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i>			
<p>Durch eine Absenkung des Meeresspiegels wird das Erosionsniveau tiefer gelegt und die Flüsse schneiden sich besonders in Küstennähe bei großen Reliefunterschieden tiefer in die Landschaft ein. Im Falle des Referenzstandortes sind solche extremen Veränderungen im Relief nicht zu erwarten, da bei einer Meeresspiegelabsenkung das nur flache Nordseebecken "trockenfällt". Das heutige Gefälle des Hauptvorfluters Elbe erhöht sich durch die Verlängerung des Fließweges nicht wesentlich. Eine stärkere Erosionsleistung des Flusses mit einer einhergehenden möglichen Reduzierung der Deckgebirgsschichten über dem Salzstock ist daher nicht anzunehmen (KELLER 2001).</p>			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i>			
<p>Ein deutlicher Meeresspiegelanstieg aufgrund Erwärmung der Erdatmosphäre könnte schon innerhalb der nächsten 500 bis 1000 Jahre erfolgen. Danach würde sich erneut eine Abkühlung der Erdatmosphäre einstellen. Ab der Zeit von 10 000 Jahren nach heute wird ohne die Annahme anthropogener Einflüsse für das zukünftige Klima eine Abkühlung prognostiziert, die später in eine neue Inlandvereisung einmündet (GERARDI, WILDENBORG 1999).</p>			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.3.03.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.3.03	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Transgression/Regression			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i> Globale klimatische Veränderungen		<i>Beeinflussende FEPs:</i>	
<i>Resultierende FEPs:</i> Erosion, Sedimentation, Hydrogeologische Veränderungen, Veränderung des Ökosystems, Veränderungen der menschl. Lebensweise, Maritime Bedingungen		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Topographie und Morphologie	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Strecken und Schächte:</i> Wird berücksichtigt	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Wird berücksichtigt	
<i>Bemerkungen:</i> Keine			
<i>Literaturquellen:</i> DUPHORN, K., KABEL, C., SCHNEIDER, U. & SCHRÖDER, P. (1983): Quartärgeologische Gesamtinterpretation Gorleben, Abschl.-Bericht Univ. Kiel.-- Univ. Kiel (PTB-Bestell-Nr. 73760; BGR-Archiv-Nr. 103 714): 265 S., 40 Abb., 5 Tab., 48 Anl.; Kiel. GERARDI, J. & WILDENBORG, A. B. F. (1999): Langzeitprognose der Auswirkungen klimagesteuerter geologischer Prozesse auf die Barrieren des Endlagers Morsleben.-- BGR, unveröffentl. Ber., 117869 : 144 S., 95 Abb., 20 Tab., 24 Anl.; Hannover. KELLER, S. (2001): Projekt Gorleben. Zusammenstellung von Zuständen, Ereignissen und Prozessen (ZEP) als Basis für die Ermittlung von Szenarien (Standort Gorleben).-- BGR, unveröffentl. Ber., 0121591 : 148 S., 9 Abb., 1 Anh.; Hannover. Lexikon der Geowissenschaften. Silc-Z (2002).-- Spektrum Akad. Verl. Heidelberg, Bd. 5 ; Berlin - ISBN 3-8274-0424-X.			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.3.04.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.3.04	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Permafrost			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Abschnitt einer Kaltzeit, in dem am Referenzstandort ein Permafrostboden vorherrscht. Permafrostboden entsteht, wenn die Jahresmitteltemperaturen niedriger als $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ sind. Der Inlandeisgletscher erreicht den Standort nicht.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input checked="" type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input checked="" type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Wirtsgestein, Schachtverschluss			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.3.04.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.3.04	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Permafrost			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i>			
<p>Die Mächtigkeit des Permafrostes ist abhängig vom Salzgehalt des Grundwassers, dem geothermischen Wärmefluss, dem Vorhandensein von Oberflächenwasser, von ozeanischen oder kontinentalen Klimaverhältnissen, von der Art der Vegetation, von der Art der Sedimente und von der zeitlichen Dauer niedriger Temperaturen.</p> <p>Vereinfacht sind drei Typen des Permafrostes zu unterscheiden: kontinuierlicher Permafrost, diskontinuierlicher Permafrost und sporadischer Permafrost. Der bis in große Tiefe reichende kontinuierliche Permafrost ist nur vereinzelt aufgrund besonderer Gegebenheiten beispielsweise unter großen Seen durch wenige aufgetaute Stellen unterbrochen (Taliki). In der diskontinuierlichen Permafrostzone treten Permafrostbereiche grundsätzlich nur stellenweise auf, die von ungefrorenem Boden getrennt sind. Diese Zone schließt sich übergangslos an die des kontinuierlichen Permafrostes an. Sporadischer oder auch saisonaler Permafrost ist auf wenige begünstigte Stellen der mittleren Breiten in Gebirgen wie den Alpen beschränkt. Dabei ist der Oberboden bereits im Frühsommer eisfrei, während der Unterboden erst im Hoch- und Spätsommer auftaut. Aufgrund von jahreszeitlich bedingten Temperaturschwankungen bildet sich über dem permanent gefrorenen Boden in den warmen Monaten eine Auftauschicht, die variierende Mächtigkeiten haben kann.</p> <p>Die Voraussetzungen für die Entwicklung einer Kaltzeit sind im FEP Vollständige Inlandvereisung geschildert.</p> <p>Gebiete mit kontinuierlichem Permafrost liegen z. B. heute weit im Norden Russlands, Grönlands und Alaskas, oder in großen Höhen von Gebirgen.</p> <p>Bestimmende Faktoren für den sporadischen Permafrost sind die Höhenlage oder die geographische Breite. In Nordgrönland kann diese Schicht nur einen halben Meter betragen. Mit den drei FEPs Permafrost, Inlandvereisung in randlicher Lage sowie Vollständige Inlandvereisung wird der Ausbreitung des Inlandeises während einer sich entwickelnden Kaltzeit Rechnung getragen. Die während einer Kaltzeit ablaufenden spezifischen Prozesse sind zusammenfassend in den genannten FEPs aufgeführt und nicht als eigenständige FEPs beschrieben, da sie an die besonderen Bedingungen einer Kaltzeit gebunden sind.</p>			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i>			
<p>Mit dem Einsetzen einer neuen Kaltzeit entwickelt sich in ihrem weiteren Verlauf bis zum Hochglazial ein sporadischer, diskontinuierlicher und letztlich ein kontinuierlicher Permafrost. Sandige Schichten gefrieren schneller als tonige. Unterhalb größerer Gewässerflächen (Seen, Flüsse) bleiben ungefrorene Bereiche (Taliki) erhalten. Dies gilt z. B. für die Schichten unterhalb der Elbe.</p> <p>Der Prozess der Permafrostbildung ist stark zeitabhängig. Nach Modellrechnungen dauert das Gefrieren am Referenzstandort in Abhängigkeit von der Art des Sediments ca. 5 000 Jahre, das Auftauen nur ca. 1 000 Jahre (vgl. DELISLE 1998).</p> <p>Das Auftreten von kontinuierlichem Permafrost am Referenzstandort fiel im Wesentlichen in die Zeit des Hochglazials einer Kaltzeit. Während der Weichsel-Kaltzeit erreichte der kontinuierliche Permafrost im Zeitraum zwischen etwa 30 000 bis 15 000 Jahre BP (BP: vor heute)</p>			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.3.04.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.3.04	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Permafrost			
<p>mehrere Zehner bis weniger als zweihundert Meter Mächtigkeit. Es muss allerdings davon ausgegangen werden, dass auch früher während der Weichsel-Stadiale ein kontinuierlicher Permafrost, wenngleich von geringerer Dauer und mit geringerer Mächtigkeit vorhanden war (vgl. KELLER 1998).</p> <p>Das Nahfeld ist vom Permafrost nicht betroffen, da das Endlager in einer Tiefe von > 800 m liegt.</p>			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i>			
<p>Durch den Permafrost werden die Grundwasserverhältnisse nachhaltig beeinflusst. Der Grundwasserfluss findet nur in der sommerlichen Auftauschicht an der Erdoberfläche oder unterhalb des Permafrostes statt. Die Grundwasserneubildung ist in den Gebieten mit kontinuierlichem Permafrost äußerst begrenzt und erfolgt über saisonal beständige hydrothermale Taliki. Grundwasseraustrittsgebiete sind im Wesentlichen auf offene Taliki unterhalb größerer Oberflächengewässer beschränkt. Daneben existieren Grundwasseraustrittsstellen, wo das wärmere Wasser des Untergrundes die Möglichkeit besitzt über hydrothermal bedingte Taliki an die Oberfläche zu gelangen. Weiterhin reichern sich durch das Gefrieren die im Grundwasser enthaltenen Mineralien in bestimmten Zonen des Permafrostes an (Cryopegs), um bei entsprechenden hydraulischen Voraussetzungen als hochsalinare Wässer in Form von Salzwasser-Quellen zu Tage zu treten (chemische Taliki; vgl. GASCOYNE 2000). Die Verbreitung eines kontinuierlichen Permafrostes am Referenzstandort beeinflusst in ähnlich extremer Weise die Grundwasserverhältnisse wie ein vordringendes Inlandeis FEP (vgl. FEP Inlandvereisung in randlicher Lage, FEP Inlandvereisung). Permafrost hat damit einen unmittelbaren Einfluss auf eine etwaige Ausbreitung von Radionukliden im Fernfeld eines Endlagers. Dies gilt in hydraulischer wie auch in geochemischer Hinsicht.</p> <p>Die Entstehung von bestimmten Flussgrundrisstypen scheint mit der klimatischen Entwicklung einer Kaltzeit und dem Permafrost zusammenzuhängen. Braided, mäandrierende und anastomosierende Flussgrundrisse entwickeln sich bei unterschiedlich starkem Permafrost in Abhängigkeit von Fließenergie/Sedimenttransport und Vegetation (KASSE, VANDENBERGHE et al. 2003; VANDENBERGHE 2003). Während vor dem Weichsel-Hochglazial der anastomosierende Flussgrundrisstyp vorherrscht, findet danach ein Wechsel zu einem Grundriss vom Typ des braided river statt. Permafrostfreie Zeiten scheinen sich durch einen mäandrierenden Typ auszuzeichnen. Die verschiedenen Flussgrundrisstypen erlangen somit als Voraussetzung für die Entstehung von offenen Taliki eine Bedeutung bei der Beurteilung der Grundwasserverhältnisse zu verschiedenen Zeiten einer Kaltzeit.</p> <p>Das Relief wird durch periglaziale Prozesse (Solifluktion, Eiskeilbildung, etc.) im Laufe der Zeit teilweise modifiziert. Die oberflächennahen Schichten werden umgestaltet, Höhen abgetragen und Erosionsmassen in den Tälern abgelagert. Da die Veränderungen durch periglaziale Prozesse (z. B. Pingos, etc.) lokal zwar stark ausgeprägt sein können, sich an der grundsätzlichen Gliederung von Höhen- und Tallagen aber nichts ändert, dürfte der oberflächliche Wasserabfluss am Referenzstandort im Wesentlichen in gleicher Weise wie heute</p>			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.3.04.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.3.04	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Permafrost			
<p>gestaltet sein. Das Elbetal wird die aus Nordosten und Südosten kommenden Oberflächenwässer als tiefstes morphologisches Element des betrachteten Gebietes weiterhin sammeln und zur Nordsee abführen. Die Oberflächenwasserscheiden mit ihren heutigen Lagen bleiben erhalten.</p> <p>Die aus klastischen Sedimenten bestehende, heute vorhandene Schichtenfolge des tieferen Untergrundes wird durch periglaziale Prozesse nicht entscheidend beeinflusst.</p> <p>BAUER (1991) berichtet über Klüfte im Salzgestein einiger Salzstöcke des hannoverschen Raumes bis ca. 600 m unter Tagesoberfläche, die eine mit zunehmender Teufe abnehmende Häufigkeit besitzen und entweder offen oder durch auskristallisierte Salzminerale geschlossen sind. Als Ursache für ihre Entstehung diskutiert er eine Abkühlung der Salzstöcke, bzw. des Nebengebirges in Folge einer Kaltzeit und die Bildung von Kontraktionsrissen im Salzgestein. Modellrechnungen von DELISLE, DUMKE (1996) stützen diese Vorstellungen, so dass für den Referenzstandort die Bildung oberflächennaher Kontraktionsrisse unterstellt werden muss.</p> <p>Mehrfaches Gefrieren und Tauen vermag das Material der oberen Teile der verfüllten Schächte zu beanspruchen, was zu Undichtigkeiten und letztlich zum Versagen der oberen Schachtabdichtungen und -verfüllungen führt.</p> <p>Durch eine Änderung der hydrogeologischen Verhältnisse ist eine Beeinflussung der Subrosion am Salzspiegel möglich.</p>			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i>			
<p>Ab der Zeit von 10 000 Jahren nach heute wird für das zukünftige Klima eine Abkühlung prognostiziert, die später in kaltzeitlichen Verhältnissen von einem Ausmaß der letzten Weichsel-Kaltzeit mündet (z. B. FORSSTRÖM 1999). Ein kontinuierlicher Permafrost dürfte sich bis zum Maximum der nächsten Kaltzeit ab ca. 70 000 Jahre nach heute entwickelt haben. Der natürliche Klimaverlauf wird möglicherweise anthropogen bedingt durch eine Verlängerung des augenblicklichen Interglazials gestört (z. B. LOUÏRE, BERGER 2000; MYSAK 2006).</p>			
<i>Abhängigkeiten:</i>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i>	
Globale klimatische Veränderungen		Vollständige Inlandsvereisung, Oberflächenwässer	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i>	
Erosion, Hydrogeologische Veränderungen, Veränderung des Ökosystems, Thermische Expansion und Kontraktion		Subrosion, Veränderungen der menschl. Lebensweise, Eigenschaften des Verschlussmaterials, Konvergenz, Rissbildung, Porosität, Quellen des Bentonits, Wirtsgestein, Deck- und Nebengebirge, Geosphäre: Eigenschaften der Transportpfade, Geosphäre: Grundwasserströmung, Hydrochemische Verhältnisse in der Geosphäre, Mikrobielle Verhältnisse in der Geosphäre,	

<i>FEP-Nr.:</i> 1.3.04.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.3.04	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Permafrost			
		Thermisch bedingte Spannungsänderungen im Wirtsgestein, Temperaturänderung am Salzspiegel, Topographie und Morphologie, Aquifere, Oberflächengewässer	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Strecken und Schächte:</i> Wird berücksichtigt	
<i>Wirtsgestein:</i> Wird berücksichtigt		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Wird berücksichtigt	
<i>Bemerkungen:</i> Keine			
<i>Literaturquellen:</i> <p>BAUER, G. (1991): Kryogene Klüfte in norddeutschen Salzdiapiren?-- Zbl. Geol. Paläont., 1/4: 1247-1261; Stuttgart.</p> <p>DELISLE, G. (1998): Numerical simulation of permafrost growth and decay.-- J. Quaternary Sci., Vol. 13, No. 4: 325-333, 6 Fig., 4 Tab.; Chichester/U.K.</p> <p>DELISLE, G. & DUMKE, I. (1996): Geochemische und geothermische Untersuchungen zur Frage der Existenz von kryogenen Klüften in norddeutschen Salzstöcken.-- Z. angew. Geol., 42, 2: 149-154; Hannover.</p> <p>FORSSTRÖM, L. (1999): Future glaciation in Fennoscandia.-- Posiva OY, POSIVA 99-30: 31 S., 11 Fig.; Helsinki - ISBN 951-652-085-5.</p> <p>GASCOYNE, M. (2000): A review of published literature on the effects of permafrost on the hydrogeochemistry of bedrock.-- Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co (SKB), R- 01-56: 49 S., 17, 3; Stockholm.</p> <p>KASSE, C.; VANDENBERGHE, J.; VAN HUISSTEDEN, J.; BOHNCKE, S. J. P. & BOS, J. A. A. (2003): Sensitivity of Weichselian fluvial systems to climate change (Nochten mine, eastern Germany).-- Quaternary Science Reviews, 22: 2141-2156, 7 Fig., 1 Tab.; Amsterdam.</p> <p>KELLER, S. (1998): Permafrost in der Weichsel-Kaltzeit und Langzeitprognose der hydrogeologischen Entwicklung in der Umgebung von Gorleben/NW-Deutschland.-- Z. angew. Geol., 44/2: 111-119, 4 Abb.; Hannover.</p> <p>LOUTRE, M.-F. & BERGER, A. (2000): Future climatic changes: are we entering an exceptionally long interglacial?-- Climatic Change, 46: 61-90, 12 Fig.; Amsterdam/Netherlands.</p> <p>MYSAK, L. A. (2006): Glacial Inceptions: Past and Future (Alfred Wegener Medal Lecture).-- Geophysical Research Abstracts, Vol. 8: 11031; Strasbourg/European Geosciences Union.</p>			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.3.04.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.3.04	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Permafrost			
VANDENBERGHE, J. (2003): Climate forcing of fluvial system development: an evolution of ideas.-- Quaternary Science Reviews, Vol. 22 : 2053-2060, 1 Fig., 2 Tab.; Amsterdam/Netherlands.			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.3.05.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.3.05	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Inlandvereisung in randlicher Lage			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Im Rahmen einiger der zukünftig zu erwartenden Kaltzeiten kann sich eine Inlandvereisung ausbilden, die sich von Skandinavien ausgehend bis in die norddeutsche Tiefebene vorschiebt, wobei aber das vorrückende Eis den Referenzstandort nicht überdeckt, sondern in einer geringen Entfernung zum Stehen kommt. Im Vorland und in den randlichen Bereichen unterhalb des Inlandeises herrscht Permafrost.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input checked="" type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung		<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs	
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input checked="" type="checkbox"/> indirekt <input type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.3.05.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.3.05	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Inlandvereisung in randlicher Lage			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i>			
<p>Die Mächtigkeit des pleistozänen Inlandeises wird im skandinavischen Raum, im Bereich der Eisscheide, mit 2000 m bis 3000 m angegeben; in den Randbereichen wie z. B. im nordwestdeutschen Raum dürfte sie nur noch einige hundert Meter betragen haben. Für den Bereich der Rehburger Endmoräne werden 300 – 350 m und für den Außenrand des saalezeitlichen Inlandeises am Südrand der westfälischen Bucht Mächtigkeiten von 130 m – 170 m bzw. für den Oberweserraum von etwa 200 m genannt (SKUPIN, SPEETZEN et al. 2003). Die Eismächtigkeiten nahe dem weichselzeitlichen Gletscherrand dürften einige Zehnermeter nicht übersteigen.</p> <p>Mit den drei FEPs Permafrost, Inlandvereisung in randlicher Lage sowie Vollständige Inlandvereisung wird der Ausbreitung des Inlandeises während einer sich entwickelnden Kaltzeit Rechnung getragen. Die während einer Kaltzeit ablaufenden spezifischen Prozesse sind zusammenfassend in den genannten FEPs aufgeführt und nicht als eigenständige FEPs beschrieben, da sie an die besonderen Bedingungen einer Kaltzeit gebunden sind. Das Nahfeld ist nicht betroffen, da das Endlager in einer Tiefe von > 800 m entstehen soll.</p>			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i>			
<p>Wenn eine Abschätzung der zukünftigen Verhältnisse auf Basis der letzten Kaltzeiten erfolgt, so wird die Landschaft nordöstlich des Referenzstandortes durch das Eis überfahren und umgestaltet. Am Eisrand bilden sich neue Endmoränenwälle. Existierende Erhebungen werden dort eingeebnet und bestehende Depressionen zugeschüttet. Die nächste während der Weichselzeit existierende Eisrandlage befindet sich in ca. 55 km Entfernung nordöstlich vom Referenzstandort.</p>			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i>			
<p>Die Auswirkungen in den eisfreien Gebieten sind im FEP Permafrost berücksichtigt. Einzelne Prozesse werden aber durch die Auswirkungen der Eisrandlage modifiziert. Die im FEP Permafrost geschilderten Auswirkungen wie Veränderung der Subrosion, Bildung kryogener Risse oder Beeinflussung der Schächte werden nur dort behandelt.</p> <p>Die Veränderungen der Morphologie bewirken zusammen mit den auf der Oberfläche des Inlandeises anfallenden Schmelzwässern eine Verlagerung der Grundwasserneubildungsgebiete und Wasserscheiden, eine Änderung der Grundwasserfließrichtung und des hydraulischen Gradienten. Innerhalb des Elbetals kann es durch eine Veränderung der Oberflächenwassermengen zu Sedimentakkumulationen oder zu Erosion kommen. Die auf dem Eis gebildeten Schmelzwässer sickern in Abhängigkeit von der Existenz eines Permafrostes durch Spalten und Risse in den Untergrund oder fließen an der Basis des Inlandeiskörpers ab. Vor dem Eisrand können Schmelzwasserseen entstehen. Solange das Elbetal nicht überfahren wird, erfolgt der Abfluss der Schmelzwässer weiterhin im Bereich des heutigen Elbetals, das auch während einer erneuten Kaltzeit als morphologisch Tiefstes und damit als Vorflutgebiet anzusehen ist. Die Größe der zu erwartenden Wasserflächen und -tiefen reicht zur Bildung von Taliki im Elbetal und unterhalb von Eisstauseen aus.</p> <p>Da ein zukünftiger Eisvorstoß wiederum aus Norden und Nordosten zu erwarten ist (vgl. Brandenburger Stadium der Weichsel-Kaltzeit), baut sich das verglichen mit den heutigen</p>			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.3.05.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.3.05	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Inlandvereisung in randlicher Lage			
<p>Verhältnissen höhere hydraulische Potential im Norden und Nordosten vom Referenzstandort auf. Der Grundwasserfluss ist daher, aus nördlichen Richtungen kommend, auf das Elbetal ausgerichtet. Ist der hydraulische Gradient entsprechend hoch, wird eine Grundwasserbewegung initiiert, die auch die Durchströmung des Hutgesteins mit gesteigerten Subrosionsraten am Salzspiegel möglich macht.</p> <p>Modellstudien zur Grundwasserbewegung unter solchen Bedingungen und der Berücksichtigung von Seen im Gletschervorfeld finden sich in KÖSTERS, VOGEL et al. (2000).</p> <p>Nach dem Rückzug des Eises bilden sich in den überfahrenen Gebieten wiederum andere Abflusssysteme des Oberflächenwassers, neue Oberflächenwasserscheiden und damit andere Grundwasserverhältnisse aus.</p>			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i>			
<p>Ein kontinuierlicher Permafrost dürfte sich bis zum Maximum der nächsten Kaltzeit ab ca. 70 000 Jahre nach heute entwickelt haben. Ab diesem Zeitpunkt sind für eine Dauer von ca. 10 000 Jahren Eisrandlagen im Bereich des Referenzstandortes möglich. Die Auswirkungen des FEP können durch die variable Lage des Eisrandes zeitlich stark unterscheiden. Die natürliche Entwicklung wird möglicherweise anthropogen bedingt durch eine Verlängerung des augenblicklichen Interglazials gestört (z. B. LOUTRE, BERGER 2000; MYSAK 2006).</p>			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i> Globale klimatische Veränderungen		<i>Beeinflussende FEPs:</i>	
<i>Resultierende FEPs:</i> Lokale Differentialbewegungen, Erosion, Sedimentation, Hydrogeologische Veränderungen, Veränderung des Ökosystems		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Permafrost, Veränderungen der menschl. Lebensweise, Deck- und Nebengebirge, Störungen und Störungszonen, Geosphäre: Eigenschaften der Transportpfade, Geosphäre: Grundwasserströmung, Topographie und Morphologie, Aquifere, Oberflächengewässer,	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Wirtsgestein:</i> Wird berücksichtigt		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Wird berücksichtigt	
<i>Bemerkungen:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.3.05.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.3.05	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Inlandvereisung in randlicher Lage			
<i>Literaturquellen:</i> <p>KÖSTERS, E.; VOGEL, P. & SCHELKES, K. (2000): 2D-Modellierung der paläohydrogeologischen Entwicklung des Grundwassersystems im Elberaum zwischen Burg und Boitzenburg.-- BGR, unveröffentl. Ber., 0120315: 97 S., 33 Abb., 39 Anl.; Hannover.</p> <p>LOUTRE, M.-F. & BERGER, A. (2000): Future climatic changes: are we entering an exceptionally long interglacial?-- Climatic Change, 46: 61-90, 12 Fig.; Amsterdam/Netherlands.</p> <p>MYSAK, L. A. (2006): Glacial Inceptions: Past and Future (Alfred Wegener Medal Lecture).-- Geophysical Research Abstracts, Vol. 8: 11031; Strasbourg/European Geosciences Union.</p> <p>SKUPIN, K.; SPEETZEN, E. & ZANDSTRA, J. G. (2003): Die Eiszeit in Nordost-Westfalen und angrenzenden Gebieten Niedersachsens. Elster- und saalezeitliche Ablagerungen und ihre kristallinen Leitgeschiebesgesellschaften.-- Geol. Dienst Nordrhein-Westfalen: 95 S., 15 Abb., 10 Tab., Anh. 1-3; Krefeld.</p>			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.3.05.02	<i>NEA-Nr.:</i> 1.3.05	<i>Datum:</i> 02.11.20078	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Vollständige Inlandvereisung			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Bei einer zukünftigen deutlichen Verringerung der Jahresmitteltemperaturen kann es zur Ausbildung einer neuen Kaltzeit kommen, in der Teile der Erdoberfläche durch einen mächtigen Inlandeisgletscher bedeckt sind. Die Inlandvereisung wird wie während der vergangenen Kaltzeiten von Skandinavien ausgehen, nach Süden vorrücken und den Referenzstandort vollständig überdecken. An der Basis des Inlandeises ist am Referenzstandort kein Permafrost entwickelt.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input checked="" type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input checked="" type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Wirtsgestein, Schachtverschlüsse			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.3.05.02	<i>NEA-Nr.:</i> 1.3.05	<i>Datum:</i> 02.11.20078	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Vollständige Inlandvereisung			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i>			
<p>Die Mächtigkeit des pleistozänen Inlandeises wird im skandinavischen Raum, im Bereich der Eisscheide, mit 2000 m bis 3000 m angegeben; in den Randbereichen wie z. B. im nordwestdeutschen Raum dürfte sie nur noch einige hundert Meter betragen haben. Für den Bereich der Rehburger Endmoräne werden 300 – 350 m und für den Außenrand des saalezeitlichen Inlandeises am Südrand der westfälischen Bucht Mächtigkeiten von 130 – 170 m bzw. für den Oberweserraum von etwa 200 m genannt (SKUPIN, SPEETZEN et al. 2003).</p> <p>Aus SKUPIN, SPEETZEN et al. (2003: 72ff.) ist zu entnehmen, dass "nach theoretischen Berechnungen der Fließgeschwindigkeiten in Eisschilden für den zentralen Teil einer fließenden Eismasse Werte von 15 – 40 m pro Jahr, für die Randbereiche Geschwindigkeiten von über 100 - 600 m pro Jahr anzunehmen sind. Für das Inlandeis der letzten Kaltzeit (Weichsel-Zeit) werden im norddeutschen Vereisungsgebiet Fließgeschwindigkeiten zwischen 75 m und 150 m pro Jahr angegeben. Die Randbereiche des Inlandeises der Saale-Kaltzeit weisen die mittlere Vorstoßgeschwindigkeit von etwa 200 m pro Jahr auf. Diese höhere Geschwindigkeit lässt sich aus der im Vergleich zum Weichsel-Eis größeren Mächtigkeit der saalezeitlichen Eisdecke ableiten. Mit der Annäherung des Eises an die Mittelgebirge haben sich zwischen dem Eisrand und den Höhenzügen ausgedehnte Stauseen gebildet. Auch nördlich des Wiehengebirges wird ein derartiger Stausee vermutet, in dem sich das Schmelzwasser des Inlandeises und die Wassermengen der von Süden kommenden Flüsse sammelten. Beim Überfahren dieser Stauseen hat die Fließgeschwindigkeit des Eises sehr wahrscheinlich stark zugenommen. Vergleichbare Verhältnisse lagen im Bereich südlich des Wiehen- und Wesergebirges vor, in dem sich der so genannte Rintelner Eisstausee gebildet hatte. Dort dürfte die Fließgeschwindigkeit wegen des Auftriebs der Eismasse und des Aufschwimmens der randlichen Zonen des Eises maximale Werte von 500 – 600 m pro Jahr erreicht haben. Das Wasser, das die Eismasse in einem gewissen Grad vom Untergrund entkoppelte, wirkte sozusagen als Schmiermittel. Es setzte die Reibungs- und Schwerwiderstände herab und führte damit zu einer deutlich schnelleren Bewegung des Eises. Bei einer Fließgeschwindigkeit von 500 m pro Jahr hätte der Porta-Gletscher auf seinem Vorstoß nach Osten - das Wesertal aufwärts bis in die Gegend von Hameln - etwa 60 Jahre benötigt. Dieser Wert stimmt in der Größenordnung gut mit der vermuteten Dauer der ersten Phase des Rintelner Eisstausees überein".</p> <p>Während der Elster-Kaltzeit erreichte der maximale aus dem Norden kommende Gletschervorstoß die deutschen Mittelgebirge und erstreckte sich in Mittel- und Ostdeutschland bis in die Regionen um Erfurt und Dresden. Im westlichen Teil Norddeutschlands lagen die äußersten Eisrandlagen im Düsseldorfer und Dortmunder Raum. Eine ähnliche Ausdehnung hatte das Inlandeis der Saale-Kaltzeit. Dagegen bedeckte die maximale Ausdehnung der letzten Kaltzeit (Weichsel) mit ihrer südlichsten Eisrandlage nur die Gebiete nördlich der Elbe.</p> <p>Mit den drei FEPs Permafrost, Inlandvereisung in randlicher Lage sowie Vollständige Inlandvereisung wird der Ausbreitung des Inlandeises während einer sich entwickelnden Kaltzeit Rechnung getragen. Die während einer Kaltzeit ablaufenden spezifischen Prozesse sind zusammenfassend in den genannten FEPs aufgeführt und nicht als eigenständige FEPs beschrieben, da sie an die besonderen Bedingungen einer Kaltzeit gebunden sind.</p>			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i>			
Am Referenzstandort sind die Sedimente der letzten drei großen Kaltzeiten (Elster, Saale und			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.3.05.02	<i>NEA-Nr.:</i> 1.3.05	<i>Datum:</i> 02.11.20078	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Vollständige Inlandvereisung			
<p>Weichsel) mit den dazwischen liegenden Ablagerungen der Warmzeiten (Holstein, Eem) mit z. T. großen Mächtigkeiten vertreten (KÖTHE, ZIRNGAST et al. 2003; ZIRNGAST, ZWIRNER et al. 2003; verkürzte Zusammenfassung siehe ISIBEL, geol. Referenzmodell von KELLER 2007). Ältere kalt- und warmzeitliche Sedimente sind nur in Relikten erhalten.</p> <p>Die Füllungen der während der Elster-Kaltzeit entstandenen Rinnen liegen an einigen Stellen direkt auf dem Salzstock auf. Für die prognostizierte nächste Kaltzeit vom Typ Weichsel ist allerdings mit keiner Rinnenbildung zu rechnen, da die hierfür notwendige Überdeckung des Referenzstandortes mit Inlandeis nicht erwartet wird (vgl. a. JØRGENSEN, SANDERSEN et al. 2006). Für die weitere geologische Zukunft ist mit einer Überfahung durch Inlandeis zu rechnen.</p> <p>Der Tiefgang von Lagerungsstörungen, die durch das vorrückende Inlandeis verursacht wurden, erreichte während der vergangenen Kaltzeiten im Gebiet des Referenzstandortes ca. 100 bis 150 m.</p>			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i>			
<p>Durch die Eisüberfahung werden oberflächennahe Schichten erodiert (Exaration) und/oder eistektonisch gestört. Beide Möglichkeiten beinhalten eine Destruktion bestehender Lagerungsverhältnisse, die zu einer Zunahme oder Abnahme der hydraulischen Durchlässigkeit führt. Gestörte Lagerungsverhältnisse sind in Norddeutschland von verschiedenen Stellen bekannt, die eine Überdeckung mit Inlandeis erfuhren (EISSMANN 1987; HANNEMANN 1995). Sie reichen in Tiefen von 200 bis 300 m. Der Höhbeck stellt ein Beispiel für Gebiete mit vom Gletscher verursachten Lagerungsstörungen dar.</p> <p>Neben einer Änderung der hydraulischen Durchlässigkeit der über dem Salzstock befindlichen Sedimentschichten kann auch die Beeinflussung der Schachtbauwerke im obersten Bereich durch zukünftige Inlandeisüberschiebung nicht ausgeschlossen werden.</p> <p>Aus der Elster-Kaltzeit und in geringem Maße auch aus der Saale-Kaltzeit ist die Bildung von Rinnensystemen bekannt (in BENDA 1995). Ihre Genese wird mit unter hohem Druck stehenden, eisrandnahen Schmelzwässern in Zusammenhang gebracht (PIOTROWSKI 1994), die an der Basis des Inlandeises relativ kurzfristig abfließen und eine hohe Erosionsleistung aufweisen. An einigen Stellen der Norddeutschen Tiefebene reichte die Erosion bis in einige hundert Meter Tiefe. Prinzipiell ist die Entstehung solcher Rinnen auch während einer erneuten Eiszeit denkbar. Dies würde in Abhängigkeit vom Ausmaß der Rinnenbildung lokal eine Umgestaltung der Sedimente des Deckgebirges bedeuten, wobei heute verbreitete tonige, gering wasserleitende Schichten (z. B. Lauenburger Ton, Holstein-Ton) durch sandige Sedimente ersetzt werden könnten. Im Extremfall wird durch die Rinnenbildung auch die Erosion von Hut- und Salzgestein möglich sein. Eine andere Erklärung der Genese wäre die Rinnenbildung durch die oben erwähnte Exaration. Während der Bildung einer Rinne ist ein Austausch von Ablaugungswässern mit Frischwasser über einem Salzstock möglich.</p> <p>In Abhängigkeit von den Eismächtigkeiten werden durch das Eisgewicht die Sedimentschichten deformiert und die Erdkruste sinkt ein (MENZIES 1995: 318).</p>			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.3.05.02	<i>NEA-Nr.:</i> 1.3.05	<i>Datum:</i> 02.11.20078	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Vollständige Inlandvereisung			
<p>Der Wiederaufstieg der Kruste, sofern eine elastische Reaktion stattfindet, muss um den Einsinkungsbetrag erfolgen. Im Vorland einer Inlandvereisung findet dagegen zunächst eine geringe Aufwärts- und danach eine Absenkbewegung statt (AHLBOM, ÄJKÄS et al. 1991: Fig. 6). Im Zuge dieser Auf- und Abbewegungen können an unter Spannung stehenden Schwächezonen Erdbeben ausgelöst werden. Solche Schwächezonen sind vom Referenzstandort aber nicht bekannt.</p> <p>Ein erhöhter Überlagerungsdruck durch genügend mächtiges Inlandeis vermag den Aufstieg eines Salzstocks zu initiieren. Die Aufstiegstendenzen dürften aber nur kurze Zeit Bestand und nur geringe Auswirkungen haben, da eine Inlandvereisung, in geologischen Zeitdimensionen betrachtet, nur eine äußerst kurze Erscheinung darstellt. Am Referenzstandort erreichte die maximale Inlandeismächtigkeit zudem nur einige hundert Meter. Wären z. B. die durch die Saale-Kaltzeit hervorgerufenen Auswirkungen größer, so müsste eine deutliche Verstellung der präelster- und elsterzeitlichen Schichten in Salzstockrandposition zu beobachten sein. Dies ist aber nicht nachzuweisen. Es wird daher davon ausgegangen, dass eine erneute Inlandvereisung zeitlich nicht genügend lange wirksam ist, um einen weiteren Salzaufstieg mit den damit verbundenen deutlichen Strukturveränderungen auszulösen.</p> <p>Die Morphologie erfährt eine vollständige Umgestaltung. Neben den im Gletschervorland äußerst dynamisch ablaufenden Sedimentations- und Erosionsprozessen bewirkt das mit erheblichen Mengen Sedimentfracht beladende, erosiv wirkende Inlandeis, dass die bestehenden Täler zugeschüttet oder die aus Lockermaterialien zusammengesetzten Hügel und Hügelketten eingeebnet werden. Die in den anderen kaltzeitlichen FEPs (Permafrost, Inlandvereisung in randlicher Lage) unterstellte weitere Existenz eines als Vorfluter fungierenden Elbetals ist während einer solchen großflächigen Inlandeisüberdeckung der Landschaft höchst unwahrscheinlich.</p> <p>Mit fortschreitender Dauer der Inlandvereisung und bei großen Eismächtigkeiten von mehreren hundert Metern erfolgt unterhalb des Eises ein Permafrostrückgang. In Folge dessen ändert sich die hydraulische Durchlässigkeit der Sedimente. Die Fließrichtungen oder Fließgeschwindigkeiten des Grundwassers bei einer mächtigen Inlandvereisung am Referenzstandort lassen sich nicht genau prognostizieren.</p> <p>Bei einer erneuten Kaltzeit, die zur Ausbreitung einer Inlandvereisung auf dem europäischen Festland führt, werden große Mengen von Wasser gebunden. Dadurch sinkt der Meeresspiegel in Abhängigkeit vom Ausmaß der Inlandvereisung um mehrere Zehnermeter ab. Entsprechende Erkenntnisse können aus dem Sedimentations-, bzw. Erosionsverlauf früherer Kaltzeiten abgeleitet werden.</p>			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i>			
<p>Mit dem Ende des gegenwärtigen Interglazials entwickelt sich eine erneute Kaltzeit. In ihrer Folge wird eine Überfahung des Referenzstandortes mit Inlandeis prinzipiell möglich. Modellrechnungen machen aber eine nächste Kaltzeit wahrscheinlich, die nur das Ausmaß der vergangenen Weichsel-Kaltzeit erreicht. Damals wurde der Referenzstandort nicht vom Eis überfahren (vgl. FEP Globale klimatische Veränderungen).</p>			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.3.05.02	<i>NEA-Nr.:</i> 1.3.05	<i>Datum:</i> 02.11.20078	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Vollständige Inlandvereisung			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i> Globale klimatische Veränderungen		<i>Beeinflussende FEPs:</i>	
<i>Resultierende FEPs:</i> Lokale Differentialbewegungen, Erosion, Sedimentation, Hydrogeologische Veränderungen, Veränderung des Ökosystems		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Permafrost, Veränderungen der menschl. Lebensweise, Konvergenz, Wirtsgestein, Deck- und Nebengebirge, Störungen und Störungszonen, Geosphäre: Eigenschaften der Transportpfade, Spannungsumlagerung, Geosphäre: Grundwasserströmung, Topographie und Morphologie, Aquifere, Oberflächengewässer,	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Strecken und Schächte:</i> Wird berücksichtigt	
<i>Wirtsgestein:</i> Wird berücksichtigt		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Wird berücksichtigt	
<i>Bemerkungen:</i> Keine			
<i>Literaturquellen:</i> AHLBOM, K.; ÄJKÄS, T. & ERICSSON, L. O. (1991): SKB/TVO Ice Age Scenario.-- Nuclear Waste Commission of Finnish Power Companies, YJT- 91-19 : 27 S., 9 Fig.; Helsinki - ISSN-0359-548X. BENDA, L. (Hrsg.) (1995): Das Quartär Deutschlands.-- 1. Aufl.: 408 S., 95 Abb., 30 Tab.; Berlin (Gebrüder Bornträger) - ISBN 3-443-01031-8. EISSMANN, L. (1987): Lagerungsstörungen im Lockergebirge. Exogene und endogene Tektonik im Lockergebirge des nördlichen Mitteleuropa.-- Geophys. u. Geol., Veröff. der KMU Leipzig, Bd. III , 4 : 7-77; Berlin. HANNEMANN, M. (1995): Intensität und Verbreitung glazigener Lagerungsstörungen im tieferen Quartär und Tertiär.-- Brandenburgische Geowiss. Beitr., 2 : 51-59; Kleinmachnow.			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.3.05.02	<i>NEA-Nr.:</i> 1.3.05	<i>Datum:</i> 02.11.20078	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Vollständige Inlandvereisung			
<p>JØRGENSEN, F.; SANDERSEN, P. B. E. & BAKKER, M. (2006): Buried valleys - nature and groundwater interests. (In: KIRSCH, R.; RUMPEL, H.-M.; SCHEER, W. & WIEDERHOLD, H. (Hrsg.): Groundwater Resources in Buried Valleys. A Challenge for Geosciences).-- GGA (Leibniz Institute for Applied Geosciences): 11-18, 190 Fig.; Hannover.</p> <p>KELLER, S. (2007): Langzeitsicherheitsanalyse für ein HAW-Endlager im Salz. Geologisches Referenzmodell für einen HAW-Endlagerstandort im Salz. Beitrag für das Projekt ISIBEL.-- BGR, unveröffentl. Ber.: 75 S., 8 Abb., 5 Tab.; Hannover.</p> <p>KÖTHE, A.; ZIRNGAST, M. & ZWIRNER, R. (2003): Projekt Gorleben, Standortbeschreibung, Teil I: Deckgebirge Geologie. Abschlussbericht zum Arbeitspaket 9G3411900000.-- BGR, unveröffentl. Ber.: 255 S., 43 Abb., 20 Tab.; Hannover.</p> <p>MENZIES, J. (Ed.) (1995): Modern Glazial Environments. Processes, Dynamics and Sediments.-- Glazial Environments, Vol. 1: 621 S.; Oxford/U.K. (Butterworth & Heinemann).</p> <p>PIOTROWSKI, J. A. (1994): Tunnel valley formation in northwestern Germany - Geology, mechanisms of formation, and subglacial bed conditions for the Bornhöved tunnel valley.-- Sediment. Geol., 89: 107-141, 17 Abb.; Amsterdam (Elsevier).</p> <p>SKUPIN, K.; SPEETZEN, E. & ZANDSTRA, J. G. (2003): Die Eiszeit in Nordost-Westfalen und angrenzenden Gebieten Niedersachsens. Elster- und saalezeitliche Ablagerungen und ihre kristallinen Leitgeschiebesgesellschaften.-- Geol. Dienst Nordrhein-Westfalen: 95 S., 15 Abb., 10 Tab., Anh. 1-3; Krefeld.</p> <p>ZIRNGAST, M.; ZWIRNER, R.; BORNEMANN, O.; FLEIG, S.; HOFFMANN, N.; KÖTHE, A.; KRULL, P. & WEISS, W. (2003): Projekt Gorleben. Schichtenfolge und Strukturbaue des Deck- u. Nebengebirges. Abschlussbericht.-- BGR, unveröffentl. Ber.: 570 S., 42 Abb., 32 Tab., 195 Anl., 1 Anh.; Hannover.</p>			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i>			
Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.3.06.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.3.06	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Warmaride Klimaverhältnisse			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Als warmarides Klima werden die Klimate der trocken-warmen Wüstenzonen verstanden. Nach der Klimaklassifikation von Köppen-Geiger fallen solche Gebiete in die Klasse BW (Wüste) und BS (Steppe), in denen die jährlichen Verdunstungsraten höher sind als die Werte für den jährlichen Jahresniederschlag.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input checked="" type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.3.06.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.3.06	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Warmaride Klimaverhältnisse			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Die beiden Klimaklassen BW und BS können unterteilt werden in die Subtypen "BW _h /BS _h " (subtropische Wüste/Steppe mit durchschnittlichen Temperaturen von > 18 °C) und "BW _k /BS _k " (kalttrockenes Klima innerhalb der mittleren Breiten mit Temperaturen < 18 °C). Die Sahara weist z. B. Jahresmitteltemperaturen von mehr als 18°C und ca. 140 mm Jahresniederschlag auf. Trockenwarme Klimaverhältnisse führen wegen der verringerten Niederschlagsmengen zu einem Absinken der Grundwasserspiegel und wegen einer höheren Verdunstung eventuell zu einer Aufsatzung oberflächennaher Grundwässer. Die Ausbreitungspfade der Radionuklide zur Oberfläche werden länger und die Fließgeschwindigkeiten geringer. Die Änderung der physikalisch-chemischen Randbedingungen infolge einer Grundwasserversalzung führt zu einer Verringerung des Sorptionsvermögens der oberflächennahen Sedimente (BOEHME, FIELTIZ et al. 1995).			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Der Referenzstandort befindet sich in der relativ flachen Landschaft der Norddeutschen Tiefebene (vgl. a. FEP Lokale Klimaänderung und FEP Feuchtwarme Klimaverhältnisse). Er liegt heute nach der Köppen-Geiger-Klassifikation in der Klimazone Cfb, die sich durch ein warmgemäßigtes (C), ganzjährig feuchtes (Cf) Regenklima mit kalten Sommertemperaturen (Cfb; durchschnittliche Temperatur des wärmsten Monats < 22° C) auszeichnet (vgl. a. FEP Feuchtwarme Klimaverhältnisse). Die Änderung der augenblicklichen Verhältnisse müsste durch die Verlagerung des Gebietes zum Äquator erfolgen. Dieses kann nur geschehen, wenn entsprechende plattentektonische Vorgänge ablaufen. Die Bewegung der europäischen Kontinentalplatte ist heute gegen Norden gerichtet. Eine Umkehr der Bewegungsrichtung großer Krustenplatten findet nur Zeiträumen von Zehner bis Hunderten von Millionen Jahren statt. Angaben zu einer Referenzbiosphäre mit der Beschreibung möglicher Klimaentwicklungen liegen von BECKER (2003) vor			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Keine			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Nur bei Verschiebung der kontinentalen Massen können sich warmaride Klimaverhältnisse einstellen. Eine Verdriftung der europäischen Platte in den Wüstengürtel würde mehr als 10 000 000 Jahre beanspruchen. Voraussetzung wäre auch eine Umkehr der augenblicklichen Bewegungsrichtungen der europäischen und der afrikanischen Kontinentalplatte.			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i>	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i>	

<i>FEP-Nr.:</i> 1.3.06.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.3.06	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Warmaride Klimaverhältnisse			
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Bemerkungen:</i> Das FEP ist wegen der zeitlichen Beschränkung der Wirksamkeit irrelevant für einen Nachweiszeitraum von 1 Million Jahre. Zusätzlich ist für den Referenzstandort eher von polaren Klimaverhältnissen auszugehen (vgl. BECKER 2003), da die Verschiebung der europäischen Kontinentalplatte durch den von der afrikanischen Platte ausgehenden Schub nordwärts gerichtet ist.			
<i>Literaturquellen:</i> BECKER, A. (2003): Beitrag zur Erstellung einer Referenzbiosphäre zur Berechnung der in der Nachbetriebsphase eines Endlagers für radioaktive Stoffe hervorgerufenen potentiellen Strahlenexposition unter Berücksichtigung des Einflusses des Klimas.-- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), Schriftenreihe Reaktorsicherheit und Strahlenschutz BMU - 2003-623 : 233 S.; Bonn. BOEHME, J.; FIELITZ, K.; VON HOYER, M.; KLINGE, H.; KOPIETZ, J.; LUDWIG, R.; OCHMANN, N.; SCHELKES, K.; SÖFNER, B. & WERNICKE, W. (1995): Projekt Gorleben. Standortbeschreibung Gorleben-Süd, Hydrogeologie des Deckgebirges, Kenntnisstand 1994.-- BGR, unveröffentl. Ber., 112 693 : 202 S., 74 Abb., 18 Tab.; Hannover.			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.3.06.02	<i>NEA-Nr.:</i> 1.3.06	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> in Bearbeitung	
Feuchtwarme Klimaverhältnisse			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Feuchtwarme Klimaverhältnisse sind durch hohe Niederschläge mit Werten gekennzeichnet wie sie in den Tropen vorkommen. Die Köppen-Geiger-Klimaklassifikation spezifiziert solche Regionen mit einer Temperatur des kältesten Monats von > 18 °C (A) und dem Fehlen einer Trockenperiode mit einem ganzjährigem Niederschlag von wenigsten 60 mm im trockensten Monat (Af).			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input checked="" type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.3.06.02	<i>NEA-Nr.:</i> 1.3.06	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> in Bearbeitung	
Feuchtwarme Klimaverhältnisse			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i>			
<p>Feuchtwarme Klimaverhältnisse bedingen höhere Niederschlagsmengen im Vergleich zu den heutigen Verhältnissen, die insbesondere in den Grundwassererneuerungsgebieten zu einem Anstieg des Grundwasserspiegels führen. Dadurch erhöht sich der hydraulische Gradient, was eine Erhöhung der Grundwasserfließgeschwindigkeiten mit sich bringt. Daneben wird auch das Erosionswirken verstärkt.</p> <p>Eine direkte Wirkung einer erhöhten Durchschnittstemperatur über Tage auf die Temperaturen in größeren Teufen besteht nicht.</p>			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i>			
<p>Deutschland befindet sich heute nach der Köppen-Geiger-Klassifikation in der Klimazone Cfb, die ein warmgemäßigtes (C), ganzjährig feuchtes (Cf) Regenklima mit kalten Sommertemperaturen (Cfb; durchschnittliche Temperatur des wärmsten Monats < 22° C) auszeichnet. Das Gebiet um den Referenzstandort ist im Vergleich zum westlichen Norddeutschland durch ein relativ niederschlagsarmes, stärker kontinental geprägtes Klima gekennzeichnet. Es kann im regionalen Maßstab wegen seiner einheitlichen Geländeform und der geringen Größe im Hinblick auf die Klimadaten als homogen betrachtet werden (KLINGE, BOEHME et al. 2004: 31).</p> <p>Angaben zu einer Referenzbiosphäre mit der Beschreibung möglicher Klimaentwicklungen liegen von BECKER (2003) vor.</p> <p>Langfristig müssten sich durch plattentektonische Prozesse die Lage der Kontinente, die morphologische Ausgestaltung der Landmassen und die Intensität sowie der Verlauf der großen Meeresströmungen grundlegend verändern, damit Deutschland in eine feuchtwarme Klimazone gelangt wie sie heute in Äquatornähe anzutreffen ist. Das ist aufgrund der für solche Prozesse möglichen Geschwindigkeiten nur im Laufe von Jahrmillionen zu erwarten (vgl. FEP Warmaride Klimaverhältnisse).</p> <p>Das FEP ist nach der Analyse der zeitlichen Komponente seines Wirkens im geodynamischen System eines beliebigen deutschen Endlager-Umfeldes (KELLER 2004) in die Gruppe der langfristigen Prozesse einzustufen, die innerhalb der nächsten Million Jahre keine sicherheitsrelevante Bedeutung besitzen.</p>			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i>			
Keine			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i>			
<p>Feuchtwarme Klimaverhältnisse sind über den Nachweiszeitraum nicht zu erwarten, Die normale klimatische Entwicklung am Referenzstandort macht in den nächsten Hunderttausendenden von Jahren eine nächste Kaltzeit wahrscheinlich. Eine anthropogene Beeinflussung des Klimas wird wegen der Breitenlage des Referenzstandortes ebenfalls zu keinen feuchtwarmen Klimaverhältnissen i. S. der Definition führen.</p>			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.3.06.02	<i>NEA-Nr.:</i> 1.3.06	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> in Bearbeitung	
Feuchtwarme Klimaverhältnisse			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i>	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i>	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Bemerkungen:</i> Keine			
<i>Literaturquellen:</i> <p>BECKER, A. (2003): Beitrag zur Erstellung einer Referenzbiosphäre zur Berechnung der in der Nachbetriebsphase eines Endlagers für radioaktive Stoffe hervorgerufenen potentiellen Strahlenexposition unter Berücksichtigung des Einflusses des Klimas.-- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), Schriftenreihe Reaktorsicherheit und Strahlenschutz BMU - 2003-623: 233 S.; Bonn.</p> <p>KELLER, S. (2004): Ermittlung und Analyse von Szenarien für Endlagerstandorte mit unterschiedlichen Wirtsgesteinen (Deutschland). Zeitliche Aspekte bei der Analyse von Szenarien. 4. Zwischenbericht.-- BGR, unveröffentl. Ber., 0125546: 64 S., 23 Abb., 1 Tab.; Hannover.</p> <p>KLINGE, H.; BOEHME, J.; GRISSEMANN, C.; HOUBEN, G.; LUDWIG, R. R.; SCHELKES, K. & SCHILDKNECHT, F. (2004): Projekt Gorleben, Standortbeschreibung, Teil II: Deckgebirge Hydrogeologie. Abschlussbericht zum Arbeitspaket 9G3411800000.-- BGR, unveröffentl. Ber., 0124271: 295 S., 95 Abb., 18 Tab., 12 Anh.; Hannover.</p>			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.3.07.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.3.07	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Hydrogeologische Veränderungen aufgrund Klimawandels			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Die hydrogeologischen Verhältnisse werden durch das Klima gesteuert. Veränderte Temperaturen und Niederschlagswerte haben einen Einfluss auf die Grundwassererneuerung, den oberirdischen Wasserabfluss oder die Verdunstung.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input checked="" type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung		<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs	
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input checked="" type="checkbox"/> indirekt <input type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.3.07.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.3.07	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Hydrogeologische Veränderungen aufgrund Klimawandels			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Klimabedingte Änderungen der hydrogeologischen Verhältnisse ergeben sich, wenn das bestehende Klima durch eine neue Kaltzeit abgelöst oder durch anthropogene Einflüsse modifiziert wird.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Eine Beschreibung der hydrogeologischen Verhältnisse erfolgt im Rahmen der Standorterkundung (vgl. KELLER 2007). Eine Änderung der bestehenden Verhältnisse, ist in der nahen geologischen Zukunft eng mit einer erneuten Kaltzeit verbunden. Die Menge von unter hohem Druck stehenden Schmelzwässern, die Umgestaltung der Morphologie und ein Ersatz der über dem Salzstock lagernden Salzwässer durch Süßwässer sind mögliche Ursachen, die eine Erhöhung der Grundwasserfließgeschwindigkeiten nach sich zögen. Dagegen würde die Ausbildung von Permafrost zur drastischen Reduzierung der Durchlässigkeiten und damit zu einer Laufzeitverlängerung der Wasserteilchen durch das Deckgebirge führen. Die Entwicklung der Grundwasserfließgeschwindigkeit wird daher zu Beginn einer erneuten Kaltzeit mit Permafrostbildung eine Tendenz zur Verlangsamung und im Laufe der weiteren kaltzeitlichen Verhältnisse (Überdeckung durch Inlandeis, Rückzug des Inlandeises mit Permafrostabbau) zur Beschleunigung zeigen. Mit den zu erwartenden morphologischen Veränderungen während einer Kaltzeit bzw. mit den unter Druck stehenden Schmelzwässern innerhalb eines in Randlage befindlichen Inlandeisgletschers geht eine Veränderung der Grundwasserfließrichtung einher. Ebenfalls ist im Laufe einer erneuten Kaltzeit mit der Versiegelung der Grundwasserneubildungsgebiete und einer Dichtezunahme des Wassers an der Basis des gefrorenen Deckgebirges durch Ausfrieren von Salzen zu rechnen. Die Ursachen klimatischer Änderungen sind im FEP Globale klimatische Veränderungen dargestellt.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Von einem Klimawandel sind insbesondere die Grundwasserneubildung und die darauf aufbauenden hydraulischen Druckverhältnisse sowie der Grundwasserchemismus betroffen. Das vollständige Abschmelzen kontinentaler Eismassen bewirkt zusammen mit der Volumenzunahme des Wassers durch eine Erwärmung einen Meeresspiegelanstieg von ca. 60 bis 70 m und eine Überdeckung des Referenzstandortes durch das Meer, womit eine Umgestaltung der hydrogeologischen Verhältnisse einhergeht. Der hydraulische Gradient wird abgebaut und die Grundwasserausbreitung in ihren jetzigen Formen ändert sich. Veränderungen der hydrogeologischen Verhältnisse beeinflussen etwaige Schadstoffausbreitungen im Deckgebirge und können Auswirkungen auf die Subrosion haben.			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.3.07.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.3.07	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Hydrogeologische Veränderungen aufgrund Klimawandels			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Ein anthropogen verursachter Klimawandel kann sich innerhalb der nächsten tausend Jahre manifestieren. Die aufgrund der Milanković-Zyklen (vgl. FEP Globale klimatische Veränderungen) zu erwartenden Klimaänderungen bewegen sich in einem Zeitraum von einigen tausend bis zehntausend Jahren. Der Wechsel von Kaltzeiten zu Warmzeiten folgt momentan einem 100 000 Jahre-Zyklus.			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i> Globale klimatische Veränderungen, Transgression, Regression, Permafrost, Inlandvereisung in randlicher Lage, Vollständige Inlandsvereisung, Menschlicher Einfluss auf das Klima, Maritime Bedingungen		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Topographie und Morphologie, Oberflächen-gewässer	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Subrosion, Geosphäre: Eigenschaften der Transportpfade, Geosphäre: Grundwasserströmung, Hydrochemische Verhältnisse in der Geosphäre, Mikrobielle Verhältnisse in der Geosphäre,	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Wird berücksichtigt	
<i>Bemerkungen:</i> Keine			
<i>Literaturquellen:</i> KELLER, S. (2007): Langzeitsicherheitsanalyse für ein HAW-Endlager im Salz. Geologisches Referenzmodell für einen HAW-Endlagerstandort im Salz. Beitrag für das Projekt ISIBEL (überarbeitete Vers. v. 31.12.2005).-- BGR, unveröffentl. Ber.: 75 S., 8 Abb., 5 Tab.; Hannover.			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.3.08.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.3.08	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Veränderung des Ökosystems aufgrund Klimawandel			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Das FEP beinhaltet die Veränderungen in der Vegetation und Tierpopulation, die sich nach einer Veränderung des Klimas einstellen.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input checked="" type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.3.08.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.3.08	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Veränderung des Ökosystems aufgrund Klimawandel			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Aufgrund der mit einer Klimaänderung einhergehenden Veränderung von Temperaturen oder Niederschlagsmengen können am Standort vorkommende Pflanzen- und Tierarten durch andere, an die veränderten Lebensbedingungen besser angepassten Arten verdrängt werden. Beispielsweise gedeihen bestimmte Flechten unter eiszeitlichen Verhältnissen besser als Maiglöckchen.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Da am Referenzstandort während des Nachweiszeitraums mit dem Auftreten einer Kaltzeit zu rechnen ist, sind hier massive Veränderungen des Ökosystems aufgrund von Klimaänderungen zu erwarten.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Die primären Auswirkungen sind auf die Biosphäre beschränkt. Durch Veränderungen des Ökosystems können etwaige Radionuklidanreicherungen in der Nahrungskette beeinflusst werden.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i> Globale klimatische Veränderungen, Transgression, Regression, Permafrost, Inlandvereisung in randlicher Lage, Vollständige Inlandsvereisung, Menschlicher Einfluss auf das Klima, Maritime Bedingungen		<i>Beeinflussende FEPs:</i>	
<i>Resultierende FEPs:</i> Veränderungen der menschl. Lebensweise		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Erosion, Hydrochemische Verhältnisse im Deck- und Nebengebirge, Mikrobielle Verhältnisse in der Geosphäre, Oberflächengewässer,	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Bemerkungen:</i> Das FEP wird in Form einer regulatorisch vorgegebenen Referenzbiosphäre separat berücksichtigt.			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.3.08.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.3.08	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Veränderung des Ökosystems aufgrund Klimawandel			
<i>Literaturquellen:</i>			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.3.09.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.3.09	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> in Bearbeitung	
Veränderung der menschlichen Lebensweise aufgrund Klimawandel			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Das FEP beinhaltet die Veränderungen der menschlichen Lebensweise, die mit einer Veränderung des Klimas einhergehen.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input checked="" type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.3.09.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.3.09	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> in Bearbeitung	
Veränderung der menschlichen Lebensweise aufgrund Klimawandel			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Keine			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Da am Referenzstandort während des Nachweiszeitraums mit dem Auftreten einer Kaltzeit zu rechnen ist, sind hier massive Veränderungen der menschlichen Lebensweise aufgrund von Klimaänderungen zu erwarten.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Durch Veränderungen in der menschlichen Lebensweise können etwaige Radionuklidanreicherungen in der Nahrungskette beeinflusst werden. Einwirkungen des Menschen auf die Strömungsverhältnisse im Untergrund aufgrund wasserwirtschaftlicher Maßnahmen können ebenfalls verändert werden, sind jedoch während einer Kaltzeit mit Inlandvereisung angesichts der dann zu erwartenden massiven Umgestaltungen der Strömungsverhältnisse im Untergrund zu vernachlässigen.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i> Globale klimatische Veränderungen, Transgression, Regression, Veränderung des Ökosystems, Maritime Bedingungen		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Permafrost, Inlandvereisung in randlicher Lage, Vollständige Inlandsvereisung, Menschlicher Einfluss auf das Klima	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Menschlicher Einfluss auf das Klima, Oberflächengewässer	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Bemerkungen:</i> Der mögliche Einfluss auf die Nahrungskette wird in Form einer regulatorisch vorgegebenen Referenzbiosphäre separat berücksichtigt.			
<i>Literaturquellen:</i>			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.4.01.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.4.01	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Menschlicher Einfluss auf das Klima			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Durch die Freisetzung von Treibhausgasen (insbesondere CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O) und durch landwirtschaftliche Maßnahmen (Veränderung der Landnutzung) beeinflusst der Mensch das Klima auf der Erde.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input checked="" type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung		<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs	
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input checked="" type="checkbox"/> indirekt <input type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.4.01.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.4.01	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Menschlicher Einfluss auf das Klima			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Im letzten Jahrhundert (1906-2005) hat sich die Erde im Mittel um 0,74°C erwärmt und es ist mit einem weiteren Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur zu rechnen (<i>IPCC 2007</i>). Wie groß der Anteil des Menschen an dieser Erwärmung ist, bleibt umstritten. Die global gemittelten Niederschlagsmengen haben ebenfalls zugenommen und werden weiter zunehmen, weisen aber regional und saisonal stark unterschiedliche Tendenzen auf.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Die Jahresdurchschnittstemperatur stieg in Deutschland im letzten Jahrhundert um 0,8°C an. Für das Jahr 2100 prognostizieren regionale Klimamodelle des MPI eine mittlere Erwärmung von weiteren 2,5 bis 3,5°C in Norddeutschland (<i>UBA 2006</i>). Im Sommer werden laut dieser Studie in Zukunft weniger Niederschläge fallen, insgesamt werden extreme Niederschlagsereignisse dafür zunehmen.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Die globalen klimatischen Veränderungen haben großen Einfluss auf den hydrologischen Kreislauf. Steigende Verdunstung, abnehmende Niederschläge sowie vermehrte Starkregenereignisse beeinflussen die Grundwasserneubildung und ermöglichen eine Veränderung der hydraulischen Verhältnisse im Untergrund. Ein Einfluss auf Erosionsprozesse ist ebenfalls nicht auszuschließen. Je nachdem wie lange die Erwärmung durch anthropogene Treibhausgasemissionen anhält und wie hoch sie ausfällt, kann die durch andere Ursachen gesteuerte klimatische Entwicklung überlagert werden und z.B. der Übergang in die bevorstehende Kaltzeit verzögert werden.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Die jetzige Warmzeit könnte noch einige zehntausend Jahren andauern.			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i> Veränderung der menschlichen Lebensweise aufgrund Klimawandels		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Veränderung der menschlichen Lebensweise aufgrund Klimawandels	
<i>Resultierende FEPs:</i> Globale klimatische Klimaveränderungen, Hydrogeologische Veränderungen aufgrund Klimawandels, Veränderung des Ökosystems aufgrund Klimawandels		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Erosion, Sedimentation, Oberflächengewässer	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen	

<i>FEP-Nr.:</i> 1.4.01.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.4.01	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Menschlicher Einfluss auf das Klima			
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Wird berücksichtigt	
<i>Bemerkungen:</i> <p>Der Beginn der nächsten Kaltzeit lässt sich auf ca. 50.000 Jahre nach heute (<i>Gerardi & Wildenborg 1999</i>) eingrenzen. Eine mögliche Verzögerung infolge menschlicher Klimabeeinflussung ist in entsprechenden Prognose mit zu berücksichtigen. Dabei sind Verzögerungen von bis zu 100.000 Jahren denkbar (<i>Texier et al. 2003</i>).</p> <p>Eine mögliche Transgression des Meeres am Referenzstandort durch Abschmelzen des Eises an den Polkappen wird nicht berücksichtigt, sondern unter dem FEP „Transgression“ subsumiert.</p>			
<i>Literaturquellen:</i> <p><i>Gerardi, J. & Wildenborg A.B.F. (1999):</i> Langzeitprognose der Auswirkungen klimagesteuerter geologischer Prozesse auf die Barrieren des Endlagers Morsleben- BGR, unveröff. Bericht, Archiv-Nr. 117869, Hannover.</p> <p><i>IPCC (2007):</i> Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Forth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.</p> <p><i>Texier, D.; Degnan, P.; Loutre, M.F.; Paillard, D.; Thorne, M. (2003):</i> Modelling BIOSphere systems under CLIMate change for radioactive waste disposal. Project BIOCLIM - Proceedings of the International High-Level Waste Management Conference, Las Vegas, USA.</p> <p><i>UBA (2006):</i> Künftige Klimaänderungen in Deutschland – Regionale Projektionen für das 21. Jahrhundert. Hintergrundpapier.</p>			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.4.02.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.4.02	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Motivation und Kenntnisstand			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Dieses FEP bezieht sich auf die Motivation und den zugrundeliegenden Kenntnistand zukünftiger menschlicher Handlungen, die ein Endlager beeinflussen können.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input checked="" type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.4.02.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.4.02	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Motivation und Kenntnisstand			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Es wird angenommen, dass der Kenntnisstand über ein Endlager einige hundert Jahre aufrecht erhalten werden kann (<i>Lambers 2004</i>). Danach wird davon ausgegangen, dass das Wissen über die Existenz des Endlagers verloren gegangen ist. Beabsichtigtes Eindringen liegt in der Verantwortung des handelnden Personenkreises.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Nachdem das Wissen über die Existenz des Endlagers verloren ist, könnten vorhandene Ressourcen künftige Generationen dazu motivieren, den Standort für ökonomische Zwecke zu nutzen.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Ein entsprechender Rohstoffbedarf könnte zur Folge haben, dass eine Erkundung des Standorts (durch zerstörungsfreie Erkundung oder Bohraktivitäten) durchgeführt wird.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i>	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i>	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Bemerkungen:</i> Dieses FEP beinhaltet keine menschlichen Handlungen.			
<i>Literaturquellen:</i> <i>Lambers (2004):</i> Szenarienanalysen im Rahmen des Nachweises der Langzeitsicherheit von Endlagern für radioaktive Abfälle. Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, GRS-A-3171, Köln.			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.4.03.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.4.03	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Event		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Zukünftige zerstörungsfreie Erkundung			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Dieses FEP bezieht sich auf eine zukünftige Erkundung des Standortes ohne Aufschluss des Endlagers, nachdem das Wissen über seine Existenz verloren gegangen ist. Nach heutigem Stand der Technik kommen vor allem geophysikalische Untersuchungen in Frage (Seismik, Geoelektrik, Gravimetrie und Magnetik).			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input checked="" type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.4.03.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.4.03	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Event		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Zukünftige zerstörungsfreie Erkundung			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i>			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Die am Standort vorhandenen Rohstoffe könnten zukünftige Generationen dazu veranlassen, entsprechende Untersuchungen durchzuführen.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Die Wiedererlangung von zuvor verloren gegangenen Kenntnissen über ein Endlager im Untergrund hat zunächst keine Auswirkungen auf Prozesse und Bedingungen im Untergrund. Wenn das Wissen über das Endlager verloren geht und durch eine Erkundung ohne Aufschluss die Existenz des Endlagers erkannt wird, kann dadurch die Wahrscheinlichkeit des unbeabsichtigten menschlichen Eindringens verringert werden. Bleibt das Endlager durch die Untersuchungen unentdeckt, können weitere Handlungen folgen, die für die Endlagersicherheit negative Folgen (Bohraktivitäten usw.) haben. Die entsprechenden Auswirkungen werden in den jeweiligen FEP dargelegt.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Nach Verlust des Wissens über die Existenz eines Endlagers			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i>	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i>	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Bemerkungen:</i> Eine zerstörungsfreie Erkundung hat keine negativen Auswirkungen auf ein Endlagersystem, deshalb wird sie nicht berücksichtigt.			
<i>Literaturquellen:</i>			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.4.04.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.4.04	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Event		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Bohraktivitäten			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Bohrungen für die Erkundung des Untergrundes können die Barrierefunktion des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs beeinträchtigen oder direkt die Einlagerungsbereiche im Endlager treffen.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input checked="" type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input checked="" type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Wirtsgestein, Strecken- und Schachtverschlüsse, Behälter			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.4.04.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.4.04	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Event		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Bohraktivitäten			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i>			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Die am Standort vorhandenen Rohstoffe könnten zukünftige Generationen dazu veranlassen, Erkundungsbohrungen durchzuführen.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Eine Bohrung kann einen durchgehenden oder zumindest partiellen Pfad für Fluide zwischen dem Endlager und der Biosphäre darstellen. In diesem Pfad wären weder die Integrität des Wirtsgesteins noch Verdünnungs- oder Rückhalte-mechanismen im Deck- und Nebengebirge wirksam. Bohrungen in der Nähe des Endlagers sind allgemein für die Integrität des Wirtsgesteins von Bedeutung. Unterstellt man den heutigen Stand der Technik, so werden bei der Untersuchung der Bohrkern-e eventuelle Schadstoffe oder andere Unregelmäßigkeiten festgestellt und eine entsprechende Bohrung ordnungsgemäß verfüllt (<i>Gomit et al. 1997, Hirsekorn et al. 1998</i>).			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Nach Verlust des Wissens über die Existenz eines Endlagers			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i>	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i>	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Bemerkungen:</i> Zukünftige menschliche Handlungen können nicht aus einer Sicherheitsbewertung ausgeschlossen werden. Es gibt aber keine wissenschaftliche Grundlage für die Voraussage solcher Handlungen. Daher ist eine gesonderte Behandlung bei der Szenari-entwicklung erforderlich.			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.4.04.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.4.04	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Event		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Bohraktivitäten			
<i>Literaturquellen:</i> <i>Gomit, J.M.; Hirsekorn, R.-P.; Martens, K.-H.; Prij, J. (1997):</i> Evaluation of elements responsible for the effective engaged dose rates associated with the final storage of radioactive waste: EVEREST project. – Final report, Volume 3b, EUR 17449/3b EN, Luxemburg. <i>Hirsekorn, R.-P.; Storck, R.; Brassler, T.; Herbert, H.-J.; Kühle, T.; Müller-Lyda, I., Rothfuchs, T. (1998):</i> Szenarienentwicklung und Bewertung der Langzeitsicherheit der Untertagedeponie Riedel. Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, GRS-A-2583, Köln.			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Regulatorische Vorgabe erforderlich			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.4.05.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.4.05	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Event		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Bergbau und andere Untergrundaktivitäten			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Dieses FEP behandelt jegliche Art von bergbaulichen Aktivitäten in der Nähe des Endlager.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input checked="" type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung		<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs	
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input checked="" type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Wirtsgestein, Strecken- und Schachtverschlüsse, Behälter			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.4.05.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.4.05	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Event		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Bergbau und andere Untergrundaktivitäten			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> In Norddeutschland werden Salzvorkommen sowohl abgebaut als auch ausgelaugt. Die so im Salz entstandenen Hohlräume werden für die Gas- oder Erdölbevorratung oder zur Endlagerung von Abfällen genutzt.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Die am Standort vorhandenen Rohstoffe könnten zukünftige Generationen dazu veranlassen, einen Abbau dieser Rohstoffe in Erwägung zu ziehen. Sind geophysikalische Voruntersuchungen und Erkundungsbohrungen nicht durchgeführt oder nicht (sachgerecht) ausgewertet worden, könnte das Endlager unentdeckt bleiben.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Bergbauliche Auffahrungen können einen durchgehenden Pfad für Fluide zwischen dem Endlager und der Biosphäre darstellen. In diesem durchgehenden Pfad wären weder die Integrität des Wirtsgesteins noch Verdünnungs- oder Rückhalte-mechanismen im Deckgebirge wirksam. Die direkte Entnahme kontaminierter Salze oder kontaminierter Solen kann zu einer Freisetzung von Schadstoffen führen (Gomit et al. 1997, Storck et al. 1988).			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Nach Verlust des Wissens über die Existenz eines Endlagers			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i>	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i>	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Bemerkungen:</i> Zukünftige menschliche Handlungen können nicht aus einer Sicherheitsbewertung ausgeschlossen werden. Es gibt aber keine wissenschaftliche Grundlage für die Voraussage solcher Handlungen. Daher ist eine gesonderte Behandlung bei der Szenarienentwicklung erforderlich.			
<i>Literaturquellen:</i> Gomit, J.M.; Hirsekorn, R.-P.; Martens, K.-H.; Prij, J. (1997): Evaluation of elements responsible for the effective engaged dose rates associated with the final storage of radioactive waste: EVEREST project. – Final report, Volume 3b, EUR 17449/3b EN, Luxemburg.			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.4.05.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.4.05	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Event		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Bergbau und andere Untergrundaktivitäten			
<p><i>Storck, R.; Aschenbach, J.; Hirsekorn, R.-P.; Nies, A.; Stelte, N. (1988):</i> PAGIS: Performance Assessment of Geological Isolation Systems for Radioactive Waste – Disposal in Salt Formations. EUR Report 11778 EN, Luxemburg.</p>			
<p><i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Regulatorische Vorgabe erforderlich</p>			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.4.06.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.4.06	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Event		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Menschliche Aktivitäten an der Erdoberfläche			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Dieses FEP behandelt diejenigen menschlichen Aktivitäten an der Erdoberfläche, die durch Änderungen der Spannungs- und Temperaturverhältnisse am Standort Auswirkungen auf das Endlagersystem haben können. Ausgenommen sind solche Aktivitäten, die mit einem Eindringen in das Endlager verbunden sind.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input checked="" type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input checked="" type="checkbox"/> indirekt <input type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.4.06.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.4.06	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Event		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Menschliche Aktivitäten an der Erdoberfläche			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Wasserwirtschaftliche Maßnahmen, die Auswirkungen auf das Endlager haben, sind im FEP „Wasserwirtschaftliche Maßnahmen“ zusammengefasst.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Während eine relevante direkte Veränderung der Spannungsverhältnisse durch bautechnische Maßnahmen (z.B. Straßen- und Tiefbau) im geplanten Endlagerniveau (ca. 800 – 1.000 m u. GOK) ausgeschlossen werden kann, wäre eine Änderung der Gebirgstemperaturverhältnisse infolge einer geothermischen Energiegewinnung oder infolge einer in-situ Vergasung von Braunkohle in den Randsenken der Salzstruktur möglich.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Die geothermische Energiegewinnung führt zur lokalen Temperaturabsenkung, die in-situ Vergasung von Braunkohle zur Erhöhung der Temperatur im Untergrund. Die davon ausgehende Wirkung ist abhängig von der Größe des zu vergasenden Braunkohlenlagers und dessen Mächtigkeit. Die direkte Wirkung auf die Temperaturverhältnisse beeinflusst indirekt auch die Spannungsverhältnisse am Standort. Die durch die genannten Aktivitäten bewirkten Veränderungen der Temperatur im Wirtsgestein werden aber als gering verglichen mit den durch die Wärmeentwicklung des Abfalls ausgelösten Temperaturänderungen eingeschätzt.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Nach Verlust des Wissens über die Existenz eines Endlagers			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i>	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i>	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Bemerkungen:</i> Zukünftige menschliche Handlungen können nicht aus einer Sicherheitsbewertung ausgeschlossen werden. Es gibt aber keine wissenschaftliche Grundlage für die Voraussage solcher Handlungen. Daher ist eine gesonderte Behandlung bei der Szenarienentwicklung erforderlich.			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.4.06.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.4.06	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Event		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Menschliche Aktivitäten an der Erdoberfläche			
<i>Literaturquellen:</i>			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Regulatorische Vorgabe erforderlich			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.4.07.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.4.07	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Event		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Wasserwirtschaftliche Maßnahmen			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> In diesem FEP sind Maßnahmen im Zusammenhang mit der Wasserwirtschaft zusammengefasst, beispielsweise die Anlage von Trinkwassergewinnungsbrunnen oder von Talsperren, die Einfluss auf die (geo-)hydrologische Situation am Endlagerstandort haben können.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input checked="" type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input checked="" type="checkbox"/> indirekt <input type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.4.07.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.4.07	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Event		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Wasserwirtschaftliche Maßnahmen			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i>			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i>			
<p>Der Referenzstandort ist geprägt durch die Lage im Elbeurstromtal. Das Grundwasser fließt generell von den Höhen der Geest den Niederungen zu. Hier wird der größte Teil des neu gebildeten Grundwassers oberirdisch in die Elbe abgeführt. In der Elbe-Löcknitz-Niederung ist der Grundwasserabstrom stark anthropogen überprägt. Die Niederung ist von einem weit verzweigten Drainagesystem durchzogen, das über ein Schöpfwerk in die Elbe entwässert wird. Die hierdurch bedingte dauerhafte Absenkung des Grundwasserspiegels wird durch Infiltration von Oberflächenwasser aus der Elbe in den Grundwasserleiter kompensiert (<i>Klinge et al. 2004a; Klinge et al. 2004b; Klinge et al. 2002; Klinge et al. 2001</i>).</p> <p>Der Referenzstandort liegt in einem überwiegend land- und forstwirtschaftlich genutzten, dünn besiedelten Gebiet ohne nennenswerte industrielle Produktionsstätten. Die Grundwasserförderung erfolgt aus dem oberflächennahen Grundwasserleiter und dient der Trinkwasserversorgung der Haushalte und Kleingewerbe und der Brauchwasserversorgung in der Landwirtschaft. Ein Bau von Talsperren kommt auf Grund der Morphologie des Standortes nicht in Frage.</p> <p>Die derzeitigen Wasserentnahmen sind gering und haben auf den regionalen Grundwasserabstrom und die Gesamtwasserbilanz kaum Einfluss.</p>			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i>			
<p>Eine signifikante Änderung der gegenwärtigen Situation ist bei grundlegend anderer anthropogener Nutzung des Gebietes mit einschneidenden wasserwirtschaftlichen Maßnahmen wie etwa sehr stark erhöhter Grundwasserentnahmeraten in Betracht zu ziehen. In der Folge von einschneidenden wasserwirtschaftlichen Maßnahmen können sich die Strömungsverhältnisse im Untergrund ändern. Denkbare Konsequenzen könnten veränderte Subrosionsraten am Salzspiegel durch eine veränderte Vermischung von Wässern unterschiedlicher Salinität oder Einflüsse auf die Ausbreitung oder Verdünnung von Schadstoffen im Grundwasser sein. Es wird angenommen, dass auch große Veränderungen der Grundwasserentnahmen die Subrosionsraten am Salzspiegel nur wenig beeinflussen. Ein Aufstauen der Elbe würde voraussichtlich ebenfalls ohne Einfluss auf die Subrosion bleiben und ist zudem wegen des flachen Reliefs wenig wahrscheinlich. Auswirkungen wasserwirtschaftlicher Maßnahmen auf das Wirtsgestein müssen daher nicht berücksichtigt werden.</p> <p>Die durch veränderte Grundwasserentnahmeraten oder andere wasserwirtschaftliche Maßnahmen bewirkten Einflüsse auf die Strömungsverhältnisse im Deckgebirge können aber für die Verteilung von Schadstoffen im Grundwasser relevant sein und müssen deshalb im Zusammenhang mit Berechnungen zu etwaigen Radionuklidenausbreitungen im Deckgebirge berücksichtigt werden.</p>			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i>			
<p>Veränderungen der großräumigen hydrogeologischen Situation durch wasserwirtschaftliche Maßnahmen sind marginal im Vergleich zu den hydrogeologischen Konsequenzen einer Kaltzeit. Die Relevanz dieses FEP ist daher auf den Zeitraum bis zur Ausbildung der nächsten Kaltzeit, also auf einen Zeitraum von einigen zehntausend Jahren beschränkt.</p>			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.4.07.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.4.07	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Event		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Wasserwirtschaftliche Maßnahmen			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i>	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i>	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Bemerkungen:</i> Zukünftige menschliche Handlungen können nicht aus einer Sicherheitsbewertung ausgeschlossen werden. Es gibt aber keine wissenschaftliche Grundlage für die Voraussage solcher Handlungen. Daher ist eine gesonderte Behandlung bei der Szenarienentwicklung erforderlich.			
<i>Literaturquellen:</i> <i>Klinge, H. & Baharian-Shiraz, A. (2004a):</i> Projekt Gorleben, Dokumentation hydrogeologischer Basisdaten.-- BGR, unveröffentl. Ber.: 18 S., 8 Abb., 12 Anl. (CD-Rom); Hannover. <i>Klinge, H., Boehme, J., Grissemann, C., Houben, G., Ludwig, R. R., Schelkes, K. & Schildknecht, F. (2004b):</i> Projekt Gorleben, Standortbeschreibung, Teil II: Deckgebirge Hydrogeologie. Abschlussbericht zum Arbeitspaket 9G3411800000.-- BGR, unveröffentl. Ber.: 295 S., 95 Abb., 18 Tab., 12 Anh.; Hannover. <i>Klinge, H., Köthe, A., Ludwig, R.-R. & Zwirner, R. (2002):</i> Geologie und Hydrogeologie des Deckgebirges über dem Salzstock Gorleben.-- Z. Angew. Geol., 48. Jhrg. (2002), H. 2: 7-15, 7 Abb.; Hannover. <i>Klinge, H., Margane, A., Mrugalla, S., Schelkes, K. & Söfner, B. (2001):</i> Hydrogeologie des Untersuchungsgebietes Dömitz-Lenzen. Ergebnisbericht.-- BGR, unveröffentl. Ber.: 344 S., 105 Abb., 27 Tab., 3 Anl., 12 Anh.; Hannover.			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Regulatorische Vorgabe erforderlich			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.4.08.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.4.08	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Gesellschaftliche Entwicklungen			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Dieses FEP beschreibt Veränderungen, die die Gesellschaft betreffen, beispielsweise Änderungen der Staatsform, der Bevölkerungsentwicklung oder von behördlichen Zuständigkeiten, aber auch Verschiebungen von Wertvorstellungen bis hin zu kriegerischen Auseinandersetzungen.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input checked="" type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.4.08.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.4.08	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Gesellschaftliche Entwicklungen			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Eine Prognose gesellschaftlicher Entwicklungen ist praktisch unmöglich.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Die Randbedingungen für eine behördliche Überwachung in der Nachbetriebsphase können durch gesellschaftliche Veränderungen beeinflusst werden. Deshalb wird das Endlager für den Referenzstandort so konzipiert, dass keine Nachsorge erforderlich ist.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Neben dem Einfluss auf die Rahmenbedingung für eine behördliche Überwachung können gesellschaftliche Veränderungen auch den Kenntniserhalt über das Endlager beeinflussen. Ebenso können sie neue Beweggründe für ein beabsichtigtes oder unbeabsichtigtes Eindringen in das Endlager nach sich ziehen, beispielsweise zur Rückgewinnung der eingelagerten Abfälle oder zur anderweitigen Nutzung des Wirtsgesteins. Gesellschaftliche Entwicklungen (z.B. Bevölkerungswachstum) haben außerdem Einfluss auf die Land- und Energienutzung und damit entscheidenden Einfluss auf das Klima.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i>	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i>	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Bemerkungen:</i> Gesellschaftliche Entwicklungen können nicht aus einer Sicherheitsbewertung ausgeschlossen werden. Es gibt aber keine wissenschaftliche Grundlage für die Voraussage solcher Entwicklungen. Daher ist eine gesonderte Behandlung bei der Szenarienentwicklung erforderlich.			
<i>Literaturquellen:</i>			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Regulatorische Vorgabe erforderlich			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.4.08.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.4.08	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Gesellschaftliche Entwicklungen			
<i>FEP-Nr.:</i> 1.4.09.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.4.09	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Technologische Entwicklungen			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Gesamtheit technologischer Entwicklungen, die Auswirkungen auf die Sicherheit eines Endlagers haben können, beispielsweise im Bereich der Nutzung des Untergrundes oder der Erkundungsmethoden.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input checked="" type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.4.09.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.4.09	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Technologische Entwicklungen			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Eine Prognose technologischer Entwicklungen ist praktisch unmöglich. Technologische Entwicklungen werden vielfältig auf mögliche Szenarien Einfluss haben (z.B. Klimawandel).			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Neben den heute schon bekannten Ressourcen könnten durch technologische Entwicklungen neue Lagerstätten am Standort ökonomisch von Interesse sein.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Technologische Entwicklungen könnten für das Endlager relevante Auswirkungen haben, indem solche Entwicklungen neue Beweggründe für ein beabsichtigtes oder unbeabsichtigtes Eindringen in das Endlager nach sich ziehen, beispielsweise zur Rückgewinnung der eingelagerten Abfälle oder zur anderweitigen Nutzung des Wirtsgesteins, oder indem sie die Wahrscheinlichkeit für ein unbeabsichtigtes Eindringen durch verbesserte Erkundungsmethoden verringern.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i>	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i>	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Bemerkungen:</i> Technologische Entwicklungen können nicht aus einer Sicherheitsbewertung ausgeschlossen werden. Es gibt aber keine wissenschaftliche Grundlage für die Voraussage langfristiger technologischer Entwicklungen. Daher ist eine gesonderte Behandlung bei der Szenarientwicklung erforderlich.			
<i>Literaturquellen:</i>			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Regulatorische Vorgabe erforderlich			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.4.10.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.4.10	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Sanierungsarbeiten am Endlager			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Unter Sanierungsarbeiten am Endlager werden Maßnahmen verstanden, mit denen in der Nachbetriebsphase aufgetretene Schäden beseitigt werden.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input checked="" type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.4.10.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.4.10	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Sanierungsarbeiten am Endlager			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i>			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Das Endlagerkonzept am Referenzstandort wird so ausgelegt, dass keine Sanierungsarbeiten nach Ende der Betriebsphase erforderlich sind.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Sanierungsarbeiten am Endlager haben das Ziel einer Gewährleistung der Sicherheit.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i>	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i>	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Bemerkungen:</i> Sanierungsarbeiten am Endlager sind beabsichtigte menschliche Aktivitäten. Beabsichtigte Handlungen liegen in der Verantwortung des handelnden Personenkreises.			
<i>Literaturquellen:</i>			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.4.11.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.4.11	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Event		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Explosionen und Unfälle			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Unter Explosionen und Unfällen sind Ereignisse an der Erdoberfläche oder im Untergrund zu verstehen, die Einfluss auf die mechanischen, thermischen oder chemischen Bedingungen im Endlagersystem nehmen können.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input checked="" type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input checked="" type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Wirtsgestein, Strecken- und Schachtverschlüsse, Behälter			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.4.11.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.4.11	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Event		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Explosionen und Unfälle			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Ein möglicher Unfall wäre ein Flugzeugabsturz in der näheren Umgebung des Endlagers. Es sind bisher keine Fälle beobachtet worden, bei denen beim Absturz eines Flugzeuges Beschädigungen aufgetreten sind, die tiefer als einige Meter unter Geländeoberkante reichen. (Hirse Korn et al. 1998). Explosionen können durch Sprengaktivitäten bei der Rohstoffgewinnung verursacht werden, z.B. durch unterirdische Kernexplosionen bei der Schaffung von Speicherhöhlräumen für Kohlenwasserstoffe.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Allgemein besteht eine größere Wahrscheinlichkeit für Flugzeugabstürze in der Nähe von Start- und Landebahnen. Am Referenzstandort sind heute keine Flughäfen gebaut oder geplant. Im sandigen Untergrund am Referenzstandort ist der Einsatz von Sprengstoff zur Gewinnung von oberflächennahen Rohstoffen unwahrscheinlich. Dagegen ist der Einsatz von unterirdischen Sprengungen wie z.B. in den Azgir-Salzstöcken in Kasachstan zwischen 1965 und 1980 (Noseck 2000) zur Schaffung von Speicherhöhlräumen im Steinsalz denkbar.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Änderungen der mechanischen, thermischen oder chemischen Bedingungen können Relevanz für die hydrogeologischen Bedingungen im Deckgebirge und bei entsprechender Teufenreichweite für die Integrität der Barriere haben. Aufgrund der geringen Teufenreichweite der Auswirkungen von Ereignissen an der Erdoberfläche und wegen der mehrere hundert Meter betragenden Teufenlage des Endlagers sind keine Auswirkungen auf die Integrität des Wirtsgesteins denkbar. Beeinflussungen der hydrogeologischen Verhältnisse sind im Vergleich zu den natürlichen Einflussgrößen nur marginal. Untersuchungen von Auswirkungen unterirdischer Kernexplosionen auf Salzstrukturen belegen eine gewisse Stabilität des Salzgesteins gegenüber anderen Wirtsgesteinstypen. Ein zufriedenstellender Nachweis der Integrität des Systems nach einer unterirdischen Kernexplosion steht allerdings noch aus (RSK 2005).			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i>	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i>	

<i>FEP-Nr.:</i> 1.4.11.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.4.11	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Event		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Explosionen und Unfälle			
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Bemerkungen:</i> Zukünftige menschliche Handlungen können nicht aus einer Sicherheitsbewertung ausgeschlossen werden. Es gibt aber keine wissenschaftliche Grundlage für die Voraussage solcher Handlungen. Daher ist eine gesonderte Behandlung bei der Szenarientwicklung erforderlich.			
<i>Literaturquellen:</i> <i>Hirse Korn, R.-P.; Storck, R.; Brassler, T.; Herbert, H.-J.; Kühle, T.; Müller-Lyda, I., Rothfuchs, T. (1998):</i> Szenarientwicklung und Bewertung der Langzeitsicherheit der Untertagedeponie Riedel. Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, GRS-A-2583, Köln. <i>Noseck, U. (2000):</i> Zusammenstellung und Auswertung geochemischer Untersuchungen zum Radionuklidverhalten aus ausgewählten Studien über Natürliche Analoga. Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, GRS-155, Braunschweig. <i>RSK (Reaktor-Sicherheitskommission) (2005):</i> RSK-Stellungnahme: Gase im Endlager (379. Sitzung). - http://www.rskonline.de/ <i>Schneider, L., Bertram, W., Herzog, C., Krause, H. & Sachse, C. (1997):</i> Auswertung von russischen Experimenten zum Nachweis der Stabilität von Salzdomen nach Freisetzung extremer Energiemengen im Steinsalzmassiv.-- Stoller Ingenieurtechnik GmbH, unveröffentl. Abschlussbericht, SIG- 04/97: 176 S., 42 B., 41 Tab., 6 Anl.; Dresden.			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.5.01.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.5.01	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Event		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Meteoriteneinschlag			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Als Meteoriteneinschlag wird das Auftreffen von Festkörpern außerirdischen Ursprungs bezeichnet, die die Erdatmosphäre durchqueren und die Erdoberfläche erreichen. Dort können sie Schäden verursachen, deren Ausmaß u. a. vom Impuls des Meteoriten abhängig ist.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input checked="" type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input checked="" type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Alle Barrieren			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.5.01.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.5.01	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Event		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Meteoriteneinschlag			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Etwa alle 1000 Jahre können Meteoriten mit ca. 10 ² Megatonnen TNT äquivalent auf der Erde einschlagen. Größere Meteoriten mit einer in den Untergrund reichenden Zerstörungskraft treten selten auf. Nach FRATER (2005) ist alle 100 Millionen Jahre mit dem Einschlag eines mehrere Kilometer großen Meteoriten von der Größe des K/T (Kreide/Tertiär)-Meteoriten zu rechnen, dessen Einschlag am Übergang von der Kreidezeit zum Tertiär vor 65 Mio. Jahren einen Krater mit 180 km Durchmesser ausgebildet hat, eine Zerstörungskraft von ca. 10 ⁸ Megatonnen TNT äquivalent hatte und als Ursache für das Aussterben vieler Spezies, z. B. der Dinosaurier, angesehen wird. Zum Vergleich: das weltweite Atomwaffenarsenal beträgt etwas mehr als 10 ⁴ Megatonnen TNT äquivalent (aus FRATER 2005). Prinzipiell nimmt also die Einschlagwahrscheinlichkeit mit Zunahme der Größe von Himmelskörpern ab. Die Wahrscheinlichkeit für einen großen Meteoriteneinschlag auf die Erde ist kleiner als eins zu einer Million.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Sehr kleine Meteoriten (< kg) treffen täglich auf die Erdoberfläche. Aus dem näheren Umkreis des Referenzstandortes im Raum Braunschweig, Uelzen und Lüchow wurde zuletzt der Einschlag eines Meteoriten im Jahre 1985 registriert (MEIER et al. 1986) und ein Fragment von 43 Gramm aufgefunden.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Meteoriten mit einem Durchmesser von > 1 km verursachen Krater mit Durchmessern von > 10 km und einigen hundert Metern Tiefe. Die Zerrüttung der Erdkruste geht dabei noch wesentlich tiefer (z. B. KOEBERL et al. 1996; KOEBERL, HENKEL 2005). Der direkte Einschlag eines großen Meteoriten am Endlagerstandort kann die Integrität des Wirtsgesteins vollständig zerstören und die des Nahfeldes erheblich schädigen. Ein Einschlag in weiterer Entfernung z. B. im Ozean würde nur indirekte Folgen haben, in dem Flutwellen erzeugt würden, die alle niedrig gelegenen Landbereiche Nordeuropas (z. B. Holland, Dänemark; PEISER, PALMER & BAILEY 1998: 25) und damit auch ein Endlager im Bereich Gorleben überfluten. Auswirkungen auf ein geschlossenes Endlager bestünden dabei nicht. Die etwas häufigeren Meteoriten mit einer Größe von einigen hundert Metern Durchmesser sind in der Lage, bei einem sehr gering wahrscheinlichen direkten Treffer des Referenzstandortes das Deckgebirge so zu schädigen, dass die in diesem Bereich befindlichen Schachtverschlüsse zerstört würden. Sicher wirkende Maßnahmen zur Verhinderung von Meteoriteneinschlägen existieren derzeit nicht.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Keine			
<i>Abhängigkeiten:</i>			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.5.01.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.5.01	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Event		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Meteoriteneinschlag			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i>	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i>	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Bemerkungen:</i> <p>Aus der Wahrscheinlichkeit für das Auftreffen eines Meteoriten auf der Erde und dem Verhältnis aus der von den direkten Auswirkungen betroffenen Fläche und der gesamten Erdoberfläche ergibt sich nur eine extrem geringe Wahrscheinlichkeit für eine Beeinflussung des Endlagers durch einen Meteoriteneinschlag.</p> <p>Die drastischen Auswirkungen eines die Barrieren des Endlagers zerstörenden großen Meteoriteneinschlags sind außerdem für den Menschen und die Umwelt wesentlich bedeutsamer, als eine Freisetzung von Radionukliden aus dem Endlager.</p> <p>Als FEP im Zusammenhang mit der Sicherheit des Endlagers wird der Meteoriteneinschlag daher nicht betrachtet.</p>			
<i>Literaturquellen:</i> <p>FRATER, H. (2005): Phänomene der Erde. Landschaftsformen.-- 1. Aufl.: 247 S., 349 Abb.; Berlin (Springer) - ISBN 3-540-21958-7.</p> <p>KOEBERL, C. & ANDERSON, R. R. (Eds.) (1996): The Manson Impact Structure, Iowa. Anatomy of an Impact Crater.-- Geol. Soc. Amer., Spec. Pap. 302: 468 S.; Boulder/USA.</p> <p>KOEBERL, C. & HENKEL, H. (Eds.) (2005): Impact Tectonics. – 1. Aufl.: 552 S., 187 fig.; Berlin (Springer).</p> <p>MEYER, K.-D. & STEINWACHS, M. (1986): Die "Feuerkugel vom 14. November 1985 über Niedersachsen und der DDR; Beobachtung, seismologische Registrierung und Auffindung eines Teiles des Meteoriten.-- Braunschw. Naturk. Schr., 2,3: 585 -594; Braunschweig.</p> <p>PEISER, B. J.; PALMER, T. & BAILEY, M. E. (Eds.) (1998): Natural catastrophes during Bronze Age civilisations, archaeological, geological, astronomical and cultural perspectives.-- BAR (British Arch. Rep.) Int. Ser., 728: 252 S.; Oxford/U.K. - ISBN 0 86054 916 X.</p>			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.5.02.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.5.02	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Artenevolution			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Permanente Veränderungen in Form, Funktion und Lebensweise aufeinanderfolgender Generationen von Arten in geologischen Zeitmaßstäben mit dem Ergebnis, dass sich das jüngste Mitglied einer Generationenfolge deutlich vom ältesten unterscheidet.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input checked="" type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung		<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs	
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.5.02.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.5.02	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Artenevolution			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Keine			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Das Ausmaß einer Artenevolution am Standort ist nicht vorhersehbar.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Auswirkungen einer Artenevolution auf die Biosphäre wären denkbar. Es könnten während des Nachweiszeitraums Veränderungen in der möglichen Aufnahme oder Anreicherung von Radionukliden in Pflanzen oder Tieren möglich werden, die einen Einfluss auf den Bestand von Nahrungsketten hätten, indem höhere Glieder einer Kette durch Radionuklid belastete Beutetiere in ihrer Lebensfähigkeit eingeschränkt würden.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i>	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i>	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Bemerkungen:</i> Mögliche Auswirkungen und insbesondere das Ausmaß einer Artenevolution am Referenzstandort sind im Nachweiszeitraum nicht vorherzusehen. Das FEP wird im Rahmen einer Referenzbiosphäre diskutiert und kann daher an dieser Stelle zurückgestellt werden.			
<i>Literaturquellen:</i>			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.5.03.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.5.03	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Wegsamkeiten in Erkundungsbohrungen			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Wegsamkeiten in Erkundungsbohrungen sind potentielle Transportwege für Radionuklide.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input checked="" type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung		<input type="checkbox"/> abhängig von FEPs	
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input checked="" type="checkbox"/> indirekt <input type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.5.03.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.5.03	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Wegsamkeiten in Erkundungsbohrungen			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i>			
<p>In der Vergangenheit sind mehrere Erkundungsbohrungen von Übertage zur Erkundung des Salzstocks abgeteuft worden. Erkundungsbohrungen zur Erkundung des Salzspiegels sind mögliche Wegsamkeiten für Fluide in den oberen Teil des Wirtsgesteins hinein und aus dem Wirtsgestein heraus in das Deckgebirge.</p> <p>Eine Bewegung von Lösungen durch verfüllte Untersuchungs-/Erkundungsbohrungen kann erfolgen, wenn eine Anbindung an andere Wegsamkeiten sowie ein Druckgefälle besteht und</p> <ul style="list-style-type: none"> • die Bohrungen nicht vollständig verfüllt wurden, • das Verfüllmaterial zersetzt wurde oder • aufgrund der internen Salzstockbewegung eine Kluftbildung im spröden Verfüllmaterial erfolgte und als Wegsamkeit vorliegt. <p>Die durch die Untersuchungs-/Erkundungsbohrungen denkbaren Transportwege haben nur solange Bestand, bis es durch das konvergierende Gebirge oder durch Salzkristallisation zu einem Verschluss der Wegsamkeiten kommt.</p> <p>Zementfüllungen von Bohrungen können bei der Reaktion mit Salzlösungen zersetzt werden. Experimentelle Untersuchungen ergaben für die Zersetzungsraten von Zementmischungen in Mg-reichen Salzlösungen 0,04 mm/Tag und für die von Zementen mit Salzzumischungen zwischen 0,015 und 0,03 mm/Tag (WAKELEY et al. 1994). Neben der Zementfüllung können aber auch Stand- bzw. Einfüllrohre korrosiv oder im Falle von Kunststoffrohren mikrobiell unter Gasentwicklung zersetzt werden.</p>			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i>			
<p>Es wurden vier verschiedene Typen von Bohrungen mit unterschiedlicher Zielsetzung niedergebracht. Von Übertage erfolgten hydrogeologische Bohrungen (einschl. Förderbrunnen), Salzspiegelbohrungen und Tiefbohrungen zur Charakterisierung des Deck- und Nebengebirges und zu einer ersten Übersicht über den Aufbau des Salzstocks. Von Untertage sollten die Erkundungsbohrungen detaillierte Informationen über den Internbau des Salzstocks liefern.</p> <p>Bis 1997 waren 44 Bohrungen zur Erkundung des Salzspiegels je nach Erkundungsziel bis einige hundert Meter tief in das Salz (z. B. BORNEMANN 1991: 28) und 4 Bohrungen zur Erkundung der inneren Salzstockstruktur bis 2000 m tief ins Salz gebohrt worden (Go 1002 etwa 1750 m nordöstlich vom Schacht 1, Go 1003 etwa 850 m nord-nordwestlich vom Schacht 1, Go 1004 etwa 1750 m südwestlich vom Schacht 1 und Go 1005 etwa 2500 m westlich vom Schacht 1). Die Salzspiegelbohrungen wurden in mehreren Zementierstufen verfüllt.</p> <p>Die Verrohrungen der Bohrungen reichen 100 m bis maximal wenige Hundert Meter tief ins Salinar hinein. Der größte Teil der Bohrungen im Salinar ist also unverrohrt. Die Rohre wurden 1,3 m unter Gelände geschnitten. Den Abschluss bildet eine 30 cm starke Betonplatte (BORNEMANN 1991: 28). Zusätzlich wurden im nordöstlich angrenzenden Teil der Salzstruktur in den sechziger Jahren Bohrungen zur Erdölexploration niedergebracht (ZIRNGAST, ZWIRNER et al. 2003). Zur Erkundung der Grundwasserverhältnisse wurden bis 1997 am Standort 322 Grundwassererkundungsbohrungen geteuft, die teilweise im unmittelbaren Bereich des Salzstockdachs enden.</p>			

<i>FEP-Nr.:</i> 1.5.03.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.5.03	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Wegsamkeiten in Erkundungsbohrungen			
<p>Die Erkundungsbohrungen innerhalb des Deckgebirges durchteuften tonige, gering durchlässige Schichten, die verschiedene Grundwasserstockwerke trennen. Die Bohrungen sind im Salinar von einem Sicherheitspfeiler umgeben, in dem keine Grubenbauten aufgefah- ren wurden bzw. aufgefahren werden sollen.</p> <p>Die untertägige Erkundungsbohrungen beschränkten sich auf den Erkundungsbereich. Da sie so angelegt wurden, dass sie auch Informationen über die darunter liegenden Einlagerungs- bereiche lieferten, müssen für die vorgesehene Auffahrung der Einlagerungsbereiche keine weiteren Erkundungsbohrungen vorgenommen werden.</p> <p>Am Referenzstandort werden anforderungsbedingt bei den verschiedenen Bohrungstypen Zementverfüllungen eingesetzt, die sich durch die Mischungsverhältnisse und Art ihrer Be- standteile unterscheiden.</p>			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i>			
<p>Erkundungsbohrungen zur Erkundung des Salzspiegels und der inneren Salzstockstruktur schaffen mögliche Wegsamkeiten für Fluide in das Wirtsgestein hinein und aus dem Wirtsgestein in das Nebengestein. Sie beeinträchtigen dadurch die Integrität des Wirtsgesteins im jeweils durchbohrten Bereich.</p> <p>Der Eisengehalt von Bohrloch-Ausbauelementen ermöglicht eine Korrosion. Mit der Eisenkor- rosion ist eine Volumenzunahme der festen Korrosionsprodukte verbunden, die eine Druckbeanspruchung auf ihre Umgebung ausüben kann. Der korrodierte Teil des Ausbau- elements verliert durch die Korrosion an Festigkeit und bei Abtransport der Korrosionsprodukte an Materialstärke, womit die Bildung von Wegsamkeiten für Fluide ein- hergehen kann. Die Grundwassererkundungsbohrungen können auf das Deck- und Nebengebirge geohydraulische Wirkungen haben, indem sie Grundwasserstockwerke ver- binden, die unter natürlichen Bedingungen voneinander isoliert gewesen wären.</p> <p>Wenn die Verfüllungen von Erkundungsbohrungen korrodieren, kann es im Deck- und Ne- bengebirge zu hydraulischen Kurzschlüssen kommen, indem Grundwasserbewegungen zwischen verschiedenen, durch geringdurchlässige Schichten getrennten Grundwasserleitern möglich werden. Der Beitrag eines Radionuklidtransports durch solche Bohrungen ist gegen- über einem Transport durch hochdurchlässige Grundwasserleiter allerdings zu vernachlässigen.</p> <p>Etwaige Wegsamkeiten in Erkundungsbohrungen im Wirtsgestein werden durch die Konver- genz der Salzgesteine verschlossen.</p>			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i>			
Keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i>	
		Lokale Differentialbewegungen, Rissbildung, Auflösung und Ausfällung, Metallkorrosion, Zersetzung von Organika, Hydrochemische Verhältnisse in der Geosphäre	

<i>FEP-Nr.:</i> 1.5.03.01	<i>NEA-Nr.:</i> 1.5.03	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Wegsamkeiten in Erkundungsbohrungen			
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Lösungen im Grubenbau, Vollaufen von Grubenbauen, Gasmenge im Grubenbau, Gasfreisetzung aus Grubenbauen, Deck- und Nebengebirge, Geosphäre: Eigenschaften der Transportpfade, Geosphäre: Grundwasserströmung, Aquifere, Advektion, Konvektion, Diffusion	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Wird berücksichtigt	
<i>Bemerkungen:</i> Das FEP ist für das Wirtsgestein des Einlagerungsbereiches auszuschließen, da ein ausreichender Sicherheitspfeiler zwischen Erkundungsbohrungen und Einlagerungsbereich besteht und die Bohrungen vollständig verfüllt wurden. Die tatsächliche Lage der Bohrungen wird bei der Standortwahl der Einlagerungsfelder berücksichtigt. Die Erkundungsbohrungen von Übertage sind in Ausbreitungsrechnungen zu berücksichtigen, wenn über die Bohrungen hydraulische Kurzschlüsse zwischen Aquiferen unterstellt werden.			
<i>Literaturquellen:</i> BORNEMANN, O. (1991): Zur Geologie des Salzstocks Gorleben nach den Bohrergebnissen.-- BfS-Schriften, 4/91 : 67 S., 13 Abb., 5 Tab., 24 Anl.; Salzgitter. WAKELEY, L. D., POOLE, T. S. & BURKES, P. J. (1994): Durability of Concrete Materials in High-Magnesium Brine. Contract Report.-- Sandia National Laboratories, SAND 93-7073 : 52 S., 21 Fig., 1 Anl.; Albuquerque/USA. ZIRNGAST, M., ZWIRNER, R., BORNEMANN, O., FLEIG, S., HOFFMANN, N., KÖTHE, A., KRULL, P. & WEISS, W. (2003): Projekt Gorleben. Schichtenfolge und Strukturbaue des Deck- u. Nebengebirges. Abschlussbericht.-- BGR, unveröffentl. Ber.: 570 S., 42 Abb., 32 Tab., 195 Anl., 1 Anh.; Hannover.			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.01.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.01	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Inventar: Radionuklide			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Das Radionuklidinventar umfasst die Aktivitäten aller Radionuklide, die in das Endlager eingebracht werden, d. h. in den Abfällen und Behältermaterialien der Endlagergebinde, im Versatz und in den Barrierematerialien.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input checked="" type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input checked="" type="checkbox"/> indirekt <input type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.01.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.01	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Inventar: Radionuklide			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Das Radionuklidinventar umfasst natürliche und künstliche Radionuklide. Mit den Behältermaterialien der Endlagergebinde, dem Versatz und den Barrierematerialien gelangen ausschließlich natürliche Radionuklide in das Grubengebäude.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Die derzeitigen Planungen sehen die Endlagerung von Brennstäben ausgedienter Brennelemente aus Leistungsreaktoren und von ausgedienten Brennelementen aus Forschungsreaktoren sowie von Abfällen aus der Wiederaufarbeitung ausgedienter Brennelemente (verglaste hochradioaktive und mittelradioaktive Abfälle: HAW-Kokillen und CSD-B, kompaktierte metallische mittelradioaktive Abfälle: CSD-C) vor. Die folgenden Angaben beziehen sich auf das in <i>ISIBEL (2007)</i> beschriebene Mengengerüst hochradioaktiver und wärmeentwickelnder Abfälle. Die wesentlichen Aktivitätsanteile befinden sich in den ausgedienten Brennelementen aus Leistungsreaktoren und den HAW-Kokillen mit verglasten hochradioaktiven Wiederaufarbeitungsabfällen. Bei den ausgedienten Brennelementen kann von einer max. Gesamtaktivität von ca. $5 \cdot 10^{20}$ Bq (abhängig vom Zeitpunkt der Entladung der Brennelemente aus dem Reaktor und damit der Abklingzeit sowie dem Verhältnis der Uran-/MOX-BE) ausgegangen werden. Bei HAW-Kokillen wird die max. Gesamtaktivität mit ca. $1 \cdot 10^{20}$ Bq (zum Zeitpunkt des Transportes von der Wiederaufarbeitungsanlage nach Deutschland) abgeschätzt. Die Aktivitätsanteile der natürlichen Radionuklide in Behältermaterialien der Endlagergebinde, im Versatz und in den Baustoffen der Barrierematerialien sind unter 1 % des Inventars künstlicher Radionuklide in den Abfällen der Endlagergebinde.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Das Radionuklidinventar beeinflusst die Menge der mobilisierbaren und damit potentiell freisetzbaren Radionuklide (Quellterm) sowie die Nachzerfallsleistung und –menge, d. h. Wärmeleistung und –menge im umgebenden Wirtsgestein. Die Höhe der γ -Dosisleistung der Endlagergebinde bestimmt die Höhe der Radiolyse. Die Menge des eingelagerten spaltbaren Materials in den Brennstäben/Brennelementen reicht aus, um möglicherweise eine kritische Masse zu erreichen.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Zusammensetzung des Verschlussmaterials Strahlungsinduzierte Aktivierung Radioaktiver Zerfall Radionuklidtransport in der flüssigen Phase Feststoffgebundener Radionuklidtransport Radionuklidtransport in der Gasphase	

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.01.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.01	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Inventar: Radionuklide			
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Geochemisches Milieu im Grubengebäude Radioaktiver Zerfall Radionuklid-Mobilisierung	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Wird berücksichtigt.		<i>Strecken und Schächte:</i> Wird berücksichtigt.	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen.		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen.	
<i>Bemerkungen:</i> Keine			
<i>Literaturquellen:</i> <ul style="list-style-type: none"> • <i>ISIBEL (2007):</i> ISIBEL Abschlussbericht „Überprüfung und Bewertung des Instrumentariums für eine sicherheitliche Bewertung von Endlagern für HAW“, Aufgabenpaket AP 1.2 Konzeptionelle Endlagerplanung 			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> <ul style="list-style-type: none"> • Ermittlung der Aktivitäten aller relevanten Nuklide zu einem bestimmten Referenzzeitpunkt. 			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.01.02	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.01	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Inventar: Metalle			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Das Inventar umfasst die Metallmassen in den radioaktiven Abfällen und Behältermaterialien der Endlagergebinde und die Metallmassen von Einbauten in der Grube.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input checked="" type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input checked="" type="checkbox"/> indirekt <input type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.01.02	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.01	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Inventar: Metalle			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Keine			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> <p>Die derzeitigen Planungen sehen die Endlagerung von Brennstäben ausgedienter Brennelemente aus Leistungsreaktoren in Brennstabkokillen und alternativ dazu in POLLUX-Behältern, von ausgedienten Brennelementen aus Forschungsreaktoren in CASTOR-Behältern sowie von Abfällen aus der Wiederaufarbeitung ausgedienter Brennelemente (verglaste hochradioaktive und mittelradioaktive Abfälle: HAW-Kokillen und CSD-B, kompaktierte metallische mittelradioaktive Abfälle: CSD-C) ohne weitere Verpackung vor. Die folgenden Angaben beziehen sich auf das in <i>ISIBEL (2007a)</i> beschriebene Mengengerüst hochradioaktiver und wärmeentwickelnder Abfälle.</p> <p>Die wesentlichen Metallmassen befinden sich in den Endlagergebinden und lassen sich zusammenfassend wie folgt abschätzen: Einlagerungsvariante mit Brennstabkokillen: 31.700 t (Metallanteil der Behältermaterialien) + 8.000 t (Metallanteil in den radioaktiven Abfällen) = 39.700 t (Metallanteil in den Endlagergebinden zzgl. 12.600 t Brennstoff)</p> Einlagerungsvariante mit POLLUX-Behältern: 129.900 t (Metallanteil der Behältermaterialien) + 8.000 t (Metallanteil in den radioaktiven Abfällen) = 137.900 t (Metallanteil in den Endlagergebinden zzgl. 12.600 t Brennstoff). Die o. g. Massenangaben teilen sich wie folgt auf: Behältermaterialien der WA-Abfälle: ca. 900 t, der Brennstabkokillen: ca. 19.500 t, der POLLUX-Behälter: ca. 117.700 t, der CASTOR-Behälter: ca. 11.300 t. In den radioaktiven Abfällen wird die Gesamtmetallmasse mit ca. 8.000 t und ca. 12.600 t Brennstoff, im wesentlichen UO_2 , abgeschätzt. Die wesentlichen Anteile befinden sich in den kompaktierten metallischen WA-Abfällen (CSD-C: ca. 4.300 t) und in den Brennstäben der ausgedienten Brennelemente in Brennstabkokillen und POLLUX-Behältern (ca. 16.100 t, davon ca. 3.500 t Metall und ca. 12.600 t Brennstoff). Das Metallinventar umfasst darüber hinaus auch die Massen von Einbauten in der Grube (z. B. Schienen, Anker, Netze, Messinstrumentierung). Dabei ist zu berücksichtigen, dass prinzipiell die Möglichkeit besteht, einen Teil der Einbauten rückzubauen und aus der Grube zu entfernen (z. B. Schienen, Messinstrumentierung).			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Die Metallmassen beeinflussen das geochemische Milieu und die Gasmenge, die sich durch Korrosion bilden kann, sofern ausreichende Mengen an Lösung zur Verfügung stehen.			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.01.02	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.01	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Inventar: Metalle			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Zusammensetzung des Behältermaterials Technische Einrichtungen Metallkorrosion Strahlungsinduzierte Aktivierung	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Geochemisches Milieu im Grubengebäude Metallkorrosion Strahlungsinduzierte Aktivierung Materialversprödung durch Strahlung Komplexbildung	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Wird berücksichtigt.		<i>Strecken und Schächte:</i> Wird berücksichtigt.	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen.		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen.	
<i>Bemerkungen:</i> Keine			
<i>Literaturquellen:</i> <ul style="list-style-type: none"> • <i>ISIBEL (2007a)</i>: ISIBEL Abschlussbericht „Überprüfung und Bewertung des Instrumentariums für eine sicherheitliche Bewertung von Endlagern für HAW“, Aufgabenpaket AP 1.2 Konzeptionelle Endlagerplanung • <i>ISIBEL (2007b)</i>: ISIBEL Abschlussbericht „Überprüfung und Bewertung des Instrumentariums für eine sicherheitliche Bewertung von Endlagern für HAW“, Aufgabenpaket AP7 Nachweiskonzepte für die Einhaltung der nicht radiologischen Schutzziele in der Nachbetriebsphase 			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> <ul style="list-style-type: none"> • Ermittlung der Metallmassen von Einbauten in der Grube, die nicht rückgebaut werden. 			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.01.03	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.01	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Inventar: Organika			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Das Inventar umfaßt die Massen der organischen Bestandteile in den radioaktiven Abfällen und Behältermaterialien der Endlagergebinde, in den Einbauten in der Grube, im Versatz und in den Barrierematerialien.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input checked="" type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input checked="" type="checkbox"/> indirekt <input type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.01.03	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.01	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Inventar: Organika			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Keine			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> <p>Die derzeitigen Planungen sehen die Endlagerung von Brennstäben ausgedienter Brennelemente aus Leistungsreaktoren in Brennstabkokillen und alternativ dazu in POLLUX-Behältern, von ausgedienten Brennelementen aus Forschungsreaktoren in CASTOR-Behältern sowie von Abfällen aus der Wiederaufarbeitung ausgedienter Brennelemente (verglaste hochradioaktive und mittelradioaktive Abfälle: HAW-Kokillen und CSD-B, kompaktierte metallische mittelradioaktive Abfälle: CSD-C) ohne weitere Verpackung vor.</p> <p>Die folgenden Angaben beziehen sich auf das in <i>ISIBEL (2007a)</i> beschriebene Mengengerüst hochradioaktiver und wärmeentwickelnder Abfälle.</p> <p>Die wesentlichen Massen der organischen Bestandteile befinden sich in den Behältermaterialien der Endlagergebinde und lassen sich zusammenfassend wie folgt abschätzen:</p> <p>Einlagerungsvariante mit Brennstabkokillen: ca. 50 t Einlagerungsvariante mit POLLUX-Behältern: ca. 3.150 t</p> <p>Die o.g. Massenangaben teilen sich wie folgt auf:</p> <p>Brennstabkokillen: ca. 50 t für den Fall, dass für Neutronenmoderator im Deckelbereich der BSK Polyethylen zum Einsatz kommt. POLLUX-Behälter: ca. 3.150 t, davon ca. 3.090 t für Polyethylenstäbe und ca. 60 t für Polyethylenplatte als Neutronenmoderator im Abschirmbehälter der POLLUX-Behälter.</p> <p>In den Behältermaterialien der Endlagergebinde mit WA-Abfällen kommen keine organischen Bestandteile zum Einsatz. Die Massen der organischen Bestandteile in den Behältermaterialien der CASTOR-Behälter werden mit < 0,5 t abgeschätzt.</p> <p>In den radioaktiven Abfällen der CSD-C wird der maximale Anteil an organischen Bestandteilen mit < 0,5 t abgeschätzt. In den Abfallmaterialien der übrigen Endlagergebinde befinden sich keine organischen Bestandteile.</p> <p>Das Inventar an organischen Materialien umfasst darüber hinaus auch die Massen der organischen Bestandteile von Einbauten in der Grube (z. B. Kunststoffummantelung/Kleber von Ankern und Kabeln). Dabei ist zu berücksichtigen, dass prinzipiell die Möglichkeit besteht, einen Teil der Einbauten rückzubauen und aus der Grube zu entfernen (z. B. Kabel). Des Weiteren umfasst das Inventar an organischen Materialien die Massen der organischen Bestandteile von Barrierematerialien (z. B. Bitumen und Asphalt). Im Versatz befinden sich keine organischen Bestandteile.</p>			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Die organischen Bestandteile beeinflussen das chemische Milieu. Die Massen der organischen Bestandteile bestimmen die durch Zersetzung gebildeten Gasmengen (hauptsächlich Methan CH ₄ und Kohlendioxid CO ₂). Der durch die Zersetzung verfügbare Kohlenstoff beeinflusst das Verhältnis des aktiven und des inaktiven Kohlenstoffs im Endlager.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.01.03	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.01	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Inventar: Organika			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Zusammensetzung des Behältermaterials Zusammensetzung des Verschlussmaterials Technische Einrichtungen Zersetzung von Organika Mikrobielle Prozesse	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Nicht thermisch induzierte Volumenänderung Geochemisches Milieu im Grubengebäude Zersetzung von Organika Mikrobielle Prozesse Komplexbildung	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Wird berücksichtigt.		<i>Strecken und Schächte:</i> Wird berücksichtigt.	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen.		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen.	
<i>Bemerkungen:</i> Keine			
<i>Literaturquellen:</i> <ul style="list-style-type: none"> • <i>ISIBEL (2007a):</i> ISIBEL Abschlussbericht „Überprüfung und Bewertung des Instrumentariums für eine sicherheitliche Bewertung von Endlagern für HAW“, Aufgabenpaket AP 1.2 Konzeptionelle Endlagerplanung • <i>ISIBEL (2007b):</i> ISIBEL Abschlussbericht „Überprüfung und Bewertung des Instrumentariums für eine sicherheitliche Bewertung von Endlagern für HAW“, Aufgabenpaket AP7 Nachweiskonzepte für die Einhaltung der nicht radiologischen Schutzziele in der Nachbetriebsphase 			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> <ul style="list-style-type: none"> • Ermittlung der Massen organischer Bestandteile von Einbauten in der Grube (z. B. Kunststoffummantelung/Kleber von Ankern und Kabeln), die nicht rückgebaut werden. • Ermittlung der Massen organischer Bestandteile in den Barrierematerialien, die beim Verschluss des Endlagers in die Grube eingebracht werden (z. B. Bitumen und Asphalt). 			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.01.04	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.01	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Inventar: Sonstige Stoffe			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Das Inventar umfaßt die Massen der sonstigen Stoffe in den radioaktiven Abfällen und Behältermaterialien der Endlagergebinde, in den Einbauten in der Grube, im Versatz und in den Barrierematerialien. Zu den sonstigen Stoffen gehören alle Stoffe mit Ausnahme der Metalle und Organika.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input checked="" type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input checked="" type="checkbox"/> indirekt <input type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.01.04	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.01	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0								
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen									
Inventar: Sonstige Stoffe											
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Keine											
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> <p>Die derzeitigen Planungen sehen die Endlagerung von Brennstäben ausgedienter Brennelemente aus Leistungsreaktoren in Brennstabkokillen und alternativ dazu in POLLUX-Behältern, von ausgedienten Brennelementen aus Forschungsreaktoren in CASTOR-Behältern sowie von Abfällen aus der Wiederaufarbeitung ausgedienter Brennelemente (verglaste hochradioaktive und mittelradioaktive Abfälle: HAW-Kokillen und CSD-B, kompaktierte metallische mittelradioaktive Abfälle: CSD-C) ohne weitere Verpackung vor. Die folgenden Angaben beziehen sich auf das in <i>ISIBEL (2007a)</i> beschriebene Mengengerüst hochradioaktiver und wärmeentwickelnder Abfälle.</p> <p>Die Massen der sonstigen Stoffe, d. h. aller Stoffe mit Ausnahme von Metallen und Organika, in den Endlagergebänden lässt sich zusammenfassend wie folgt abschätzen:</p> <table border="0"> <tr> <td>Einlagerungsvariante mit Brennstabkokillen:</td> <td>ca. 620 t Grafit</td> </tr> <tr> <td></td> <td>ca. 1.780 t Borsilikatglas</td> </tr> <tr> <td>Einlagerungsvariante mit POLLUX-Behältern:</td> <td>ca. 510 t Grafit</td> </tr> <tr> <td></td> <td>ca. 1.780 t Borsilikatglas</td> </tr> </table> <p>Die o.g. Massenangaben teilen sich wie folgt auf: Grafit in den Behältermaterialien von Brennstabkokillen: ca. 420 t für den Fall, dass für Neutronenmoderator im Deckelbereich der BSK Grafit zum Einsatz kommt. Grafit in den Behältermaterialien von POLLUX-Behältern: ca. 310 t für Grafitplatte als Neutronenmoderator im Primärdeckel der POLLUX-Behälter. In den radioaktiven Abfällen werden sonstige Stoffe in Form von Grafit und Borsilikatglas berücksichtigt. Der Grafitanteil in den BE-Kugeln der Forschungsreaktoren AVR und THTR wird mit ca. 200 t abgeschätzt. Darüber hinaus wird die Masse von Borsilikatglas mit ca. 1.780 t abgeschätzt, und zwar ca. 1.550 t in HAW-Kokillen und ca. 230 t in CSD-B. In den Abfallmaterialien der übrigen Endlagergebäude befinden sich keine sonstigen Stoffe.</p> <p>Das Inventar an sonstigen Stoffen umfasst darüber hinaus auch die Massen der sonstigen Stoffe von Einbauten in der Grube. Dazu zählt im wesentlichen Beton von Bohrlochkellern.</p> <p>Des Weiteren umfasst das Inventar an sonstigen Stoffen die Massen der sonstigen Stoffe von Versatz und von Barrierematerialien. Nach heutigen Planungen ist als Versatz ausschließlich Salzgrus vorgesehen; als Barrierematerialien kommen Bentonit, Magnesiabinder, Salzbeton, Baustoffgruppen aus Salzmineralien, Steinsalz-Anhydrit-Baustoffe und Schotter in Betracht, siehe <i>ISIBEL (2007b)</i>.</p>				Einlagerungsvariante mit Brennstabkokillen:	ca. 620 t Grafit		ca. 1.780 t Borsilikatglas	Einlagerungsvariante mit POLLUX-Behältern:	ca. 510 t Grafit		ca. 1.780 t Borsilikatglas
Einlagerungsvariante mit Brennstabkokillen:	ca. 620 t Grafit										
	ca. 1.780 t Borsilikatglas										
Einlagerungsvariante mit POLLUX-Behältern:	ca. 510 t Grafit										
	ca. 1.780 t Borsilikatglas										
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> <p>Das Inventar der sonstigen Stoffe bzw. deren chemische Zusammensetzung bestimmt das geochemische Milieu und damit alle geochemischen Prozesse, insbesondere Gasbildung, Mobilisierung, Komplexbildung, Sorption. Beispielsweise kann Salzgrus ggf. umgelöst werden und das Volumen ändern. Einige sonstige Stoffe, z. B. Salzbeton, können als Sorbens für Schadstoffe wirken.</p>											

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.01.04	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.01	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Inventar: Sonstige Stoffe			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Abfallmatrix: Zusammensetzung Zusammensetzung des Behältermaterials Versatzmaterial Zusammensetzung des Verschlussmaterials Technische Einrichtungen Auflösung und Ausfällung Matrixkorrosion	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Geochemisches Milieu im Grubengebäude Matrikkorrosion Sorption, Desorption Kolloide	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Wird berücksichtigt.		<i>Strecken und Schächte:</i> Wird berücksichtigt.	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen.		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen.	
<i>Bemerkungen:</i> Keine			
<i>Literaturquellen:</i> <ul style="list-style-type: none"> • <i>ISIBEL (2007a)</i>: ISIBEL Abschlussbericht „Überprüfung und Bewertung des Instrumentariums für eine sicherheitliche Bewertung von Endlagern für HAW“, Aufgabenpaket AP 1.2 Konzeptionelle Endlagerplanung • <i>ISIBEL (2007b)</i>: ISIBEL Abschlussbericht „Überprüfung und Bewertung des Instrumentariums für eine sicherheitliche Bewertung von Endlagern für HAW“, Aufgabenpaket AP7 Nachweiskonzepte für die Einhaltung der nicht radiologischen Schutzziele in der Nachbetriebsphase 			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> <ul style="list-style-type: none"> • Ermittlung der Massen der sonstigen Stoffe von Einbauten. • Ermittlung der Massen der sonstigen Stoffe im Versatz und in den Barrierematerialien. 			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.02.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.02	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Abfallmatrix: Zusammensetzung			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Als Abfallmatrix wird das Material bezeichnet, in dem die Radionuklide gebunden sind. Dieses FEP beschreibt die möglichen Zusammensetzungen der Abfallmatrix.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input checked="" type="checkbox"/> Randbedingung			<input type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.02.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.02	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Abfallmatrix: Zusammensetzung			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Radioaktive Abfälle werden auf unterschiedliche Weise in einen Behälter eingebracht: - homogen verteilt in einem Fixierungsmaterial (z.B. Glas, Zement oder Bitumen), - heterogen eingebettet in einem Fixierungsmaterial (z.B. Zement), - als kompaktierte, kontaminierte Metallteile, - oder als Brennelemente direkt eingelagert. Gegenstand dieses FEP sind die Materialien des Abfalls und gegebenenfalls des Fixierungsmaterials.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Die radioaktiven Abfälle liegen entweder in verglaster Form, als direkt endgelagerte, abgebrannte Brennelemente oder in kompaktierter Form vor. Direkt endgelagerte Brennstäbe werden nicht mit einem Zusatzstoff fixiert. Als Abfallmatrices sind der Brennstoff (UO ₂ oder MOX) und einige Metallteile der Brennelemente zu betrachten. Die Brennelemente aus DWR und SWR werden abhängig vom Einlagerungskonzept in Pol-lux-Behältern oder in BSK3 eingelagert. Hochradioaktive Abfälle aus dem Wiederaufbereitungsprozess werden zu einem Borosilikat-glas verarbeitet und in HAW-Kokillen verfüllt. Die Abfallmatrix ist hier der gesamte Glaskörper. Mittelradioaktive Brennelementhülsen, Strukturteile und Technologieabfälle werden kompaktiert und ohne zusätzliches Fixierungsmittel eingelagert (CSD-C). Nichtmetallische Bestandteile sind in der Abfallmatrix nicht enthalten. Soweit bekannt sind die chemischen Zusammensetzung der Abfallmatrices in <i>ISIBEL 2007a</i> und <i>ISIBEL 2007b</i> angegeben. Zement, Bitumen und Bentonit sind als Abfallmatrices am Standort nicht zu betrachten.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Die Zusammensetzung der Abfallmatrix bestimmt deren Eigenschaften.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Auflösung und Ausfällung, Radiolyse, Radioaktiver Zerfall	
<i>Resultierende FEPs:</i> Abfallmatrix: Eigenschaften		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Inventar: Sonstige Stoffe, Geochemisches Milieu im Grubengebäude	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Wird berücksichtigt		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen	

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.02.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.02	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Abfallmatrix: Zusammensetzung			
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Bemerkungen:</i> keine			
<i>Literaturquellen:</i> <i>ISIBEL (2007a):</i> ISIBEL Abschlussbericht „Überprüfung und Bewertung des Instrumentariums für eine sicherheitliche Bewertung von Endlagern für HAW“, Aufgabenpaket AP 1.2 Konzeptuelle Endlagerplanung. <i>ISIBEL (2007b):</i> ISIBEL Abschlussbericht „Überprüfung und Bewertung des Instrumentariums für eine sicherheitliche Bewertung von Endlagern für HAW“, Aufgabenpaket AP7 „Nachweis-konzepte für die Einhaltung der nicht radiologischen Schutzziele in der Nachbetriebsphase“.			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.02.02	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.02	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Abfallmatrix: Eigenschaften			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Als Abfallmatrix wird das Material bezeichnet, in dem die Radionuklide gebunden sind. Dieses FEP beschreibt die Eigenschaften der Abfallmatrix.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input checked="" type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.02.02	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.02	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Abfallmatrix: Eigenschaften			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Die in den Matrices vorhandenen Radionuklide werden bei Zersetzung der Matrixmaterialien freigesetzt und gegebenenfalls mobilisiert. Dies geschieht insbesondere durch eventuell vorhandene Lösungen bei gestörten Entwicklungen im Endlagersystem.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Die radioaktiven Abfälle liegen in verglaster Form, als direkt endgelagerte, abgebrannte Brennelemente und als kompaktierte metallische Bestandteile vor (siehe FEP „Abfallmatrix: Zusammensetzung“). Als Eigenschaften der Abfallmatrices sind daher diejenigen von Glas, Brennstoff und Metallteilen der Brennelemente zu betrachten: - Brennstoff: Die Matrices sind langzeitstabil. Bei Anwesenheit von Salzlösung werden sowohl die Brennstoffmatrix als auch die Metallteile korrodiert. Bei der Normalentwicklung kann angenommen werden, dass Radionuklide nur aus dem Gasraum der Brennelemente („instant release fraction“) und nur nach Behälterausfall aus dem Gebinde entweichen können. Bei gestörter Entwicklung werden Radionuklide kongruent mit der zersetzten Brennstoffmatrix und den korrodierten Metallteilen sowie instantan aus dem Gasraum freigesetzt. Die Korrosionsraten der Brennstoffmatrix und der Metallteile sind experimentell ermittelt, ihre Temperaturabhängigkeit ist gering und muss in den Modellen nicht berücksichtigt werden. - HAW-Kokille: Borosilikatglas ist langzeitstabil. Bei Anwesenheit von Salzlösung wird der Glaskörper jedoch korrodiert. Bei der Normalentwicklung kann angenommen werden, dass keine Radionuklide aus dem Gebinde entweichen können. Bei gestörter Entwicklung werden Radionuklide kongruent mit dem zersetzten Glas freigesetzt. Die Korrosionsraten von Glas sind experimentell ermittelt und stark temperaturabhängig. - Metallteile: Die Matrix ist langzeitstabil. Zur Korrosion siehe oben unter „Brennstoff“.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Die Abfallmatrices haben einen großen Einfluss auf den Quellterm, mit dem Radionuklide aus den Einlagerungsorten freigesetzt werden. Die Matrixmaterialien haben bei gestörter Entwicklung – wie oben erwähnt – eine charakteristische Lebensdauer in dem in einem Endlager zu erwartenden chemischen Milieu. Bei Korrosion beeinflussen sie das geochemische Milieu.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Grundsätzlich gibt es keine zeitliche Beschränkung. Bei einer gestörten Entwicklung gehen aber die Korrosion und Zersetzung einiger Abfallmatrices, zum Beispiel der Metallteile, so schnell, dass die Eigenschaften nur über die Dauer der Mobilisierung zu betrachten sind.			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i> Abfallmatrix: Zusammensetzung		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Matrixkorrosion, Thermische Expansion und Kontraktion, Materialversprödung durch Strahlung, Radiolyse	

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.02.02	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.02	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Abfallmatrix: Eigenschaften			
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Matrixkorrosion, Thermische Expansion und Kontraktion, Radionuklid-Mobilisierung	
<i>Handhabung:</i>			
<i>Nahfeld:</i> Wird berücksichtigt		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Bemerkungen:</i> keine			
<i>Literaturquellen:</i> <i>Kienzler, B.; Loida, A. (2001):</i> Endlagerrelevante Eigenschaften von hochradioaktiven Abfallprodukten – Charakterisierung und Bewertung – Empfehlungen des Arbeitskreises HAW-Produkte. – Wissenschaftliche Berichte FZKA 6651, Karlsruhe. <i>Grambow, B.; Bernotat, W.; Kelm, M.; Kienzler, B.; Luckscheiter, B. (1999a):</i> HAW-Glas: Auslaugverhalten und Freisetzung von Radionukliden. – FZK_INE 07/99, vorläufiger Abschlussbericht, unveröffentlicht, Karlsruhe. <i>Loida, A.; Grambow, B.; Kelm, M. (1999b):</i> Abgebrannter LWR-Kernbrennstoff: Auslaugverhalten und Freisetzung von Radionukliden. – FZK_INE 09/99, vorläufiger Abschlussbericht, unveröffentlicht, Karlsruhe.			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.03.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.03	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Zusammensetzung des Behältermaterials			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Es werden die barriere relevanten Behältermaterialien der Endlagergebäude beschrieben, die den Einschluss der radioaktiven Abfälle in den Endlagergebäuden gewährleisten.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input checked="" type="checkbox"/> Randbedingung			<input type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.03.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.03	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Zusammensetzung des Behältermaterials			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Neben den barrierelevanten Behältermaterialien sind auch Materialien, die keine Barrierefunktion übernehmen, Bestandteil der Endlagerbehälter. Hinsichtlich der Massen aller Behältermaterialien wird auf die FEPs „Inventar: Metalle“, „Inventar: Organika“ und „Inventar: Sonstige Stoffe“ verwiesen.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Die folgenden Angaben beziehen sich auf die in <i>ISIBEL (2007a)</i> beschriebenen Endlagerbehälter/Verpackungen der hochradioaktiven und wärmeentwickelnden Abfälle. Die derzeitigen Planungen sehen die Endlagerung von Endlagergebinden mit folgenden barrierelevanten Behältermaterialien vor: HAW-Kokillen, CSD-B und CSD-C: Edelstahl (Werkstoff 1.4833) Brennstabkokillen: Stahl (Werkstoff 1.6210) POLLUX-Behälter: Außenbehälter aus Gusseisen (Werkstoff 0.7040); Innenbehälter aus Stahl (Werkstoff 1.6210) CASTOR-Behälter: Gusseisen (Werkstoff 0.7040) und unlegierter Baustahl/Edelstahl			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Die Zusammensetzung der Behältermaterialien beeinflusst dessen Eigenschaften, siehe FEP „Eigenschaften der Behälter“ sowie die Metallmassen in der Grube, siehe FEP „Inventar: Metalle“			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i>	
<i>Resultierende FEPs:</i> Eigenschaften der Behälter		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Inventar Metalle Inventar Organika Inventar: sonstige Stoffe Geochemisches Milieu im Grubengebäude	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Wird berücksichtigt.		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen.	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen.		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen.	

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.03.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.03	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Zusammensetzung des Behältermaterials			
<i>Bemerkungen:</i> Keine			
<i>Literaturquellen:</i> <ul style="list-style-type: none"> • <i>ISIBEL (2007a):</i> ISIBEL Abschlussbericht „Überprüfung und Bewertung des Instrumentariums für eine sicherheitliche Bewertung von Endlagern für HAW“, Aufgabenpaket AP 1.2 Konzeptionelle Endlagerplanung • <i>ISIBEL (2007b):</i> ISIBEL Abschlussbericht „Überprüfung und Bewertung des Instrumentariums für eine sicherheitliche Bewertung von Endlagern für HAW“, Aufgabenpaket AP7 Nachweiskonzepte für die Einhaltung der nicht radiologischen Schutzziele in der Nachbetriebsphase 			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.03.02	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.03	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Eigenschaften der Behälter			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Es werden die Eigenschaften der Behälter, d. h. der Endlagergebinde, unter Endlagerbedingungen beschrieben.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input checked="" type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.03.02	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.03	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Eigenschaften der Behälter			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Keine			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Zu den Eigenschaften der Behälter zählen im wesentlichen Abschirmwirkungen gegenüber ionisierenden Strahlen, Korrosionsraten und Wärmeleitfähigkeiten.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Die Eigenschaften der Behälter wirken sich auf die Korrosion, die Sorption von Schadstoffen an den Korrosionsprodukten, das geochemische Milieu und die Gasbildung aus. Die dickwandigen Endlagergebäude, insbesondere POLLUX-Behälter, unterscheiden sich von den dünnwandigen Endlagergebäuden, z. B. HAW-Kokillen und Brennstabkokillen, hinsichtlich ihrer Abschirmwirkung, d. h. der Dosisleistung und damit auf die Radiolyse, und der Dauer ihrer Integrität. Maßgeblichen Einfluss auf die Integrität der Endlagergebäude haben mechanische Eigenschaften und Korrosionsraten der Behältermaterialien. Dabei bedeutet die Behälterstandzeit die Zeitspanne, innerhalb der Endlagergebäude als intakt angesehen werden können. Danach kann es zur Mobilisierung und Freisetzung von Schadstoffen aus den Abfallmatrices der Endlagergebäude kommen. Die Korrosionsraten der Behältermaterialien (und die damit verbundene Gasbildung) sind abhängig von der Art der zutretenden Lauge, dem Zeitpunkt des Laugenzutritts und der Radiolyse aufgrund der Dosisleistung der Endlagergebäude. Die Wärmeleitfähigkeit hat geringe Auswirkungen auf das Temperaturfeld im Nahbereich der Einlagerung.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i> Zusammensetzung des Behältermaterials		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Metallkorrosion Zersetzung von Organika Mikrobielle Prozesse Thermische Expansion und Kontraktion Materialversprödung durch Strahlung Spannungsumlagerung	

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.03.02	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.03	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Eigenschaften der Behälter			
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Nicht thermisch induzierte Volumendehnung Absinken der Abfallbehälter Metallkorrosion Thermische Expansion und Kontraktion Materialversprödung durch Strahlung Radiolyse Spannungsumlagerung Sorption, Desorption	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Wird berücksichtigt.		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen.	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen.		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen..	
<i>Bemerkungen:</i> Keine			
<i>Literaturquellen:</i> <ul style="list-style-type: none"> • <i>ISIBEL (2007a):</i> ISIBEL Abschlussbericht „Überprüfung und Bewertung des Instrumentariums für eine sicherheitliche Bewertung von Endlagern für HAW“, Aufgabenpaket AP 1.2 Konzeptionelle Endlagerplanung • <i>ISIBEL (2007b):</i> ISIBEL Abschlussbericht „Überprüfung und Bewertung des Instrumentariums für eine sicherheitliche Bewertung von Endlagern für HAW“, Aufgabenpaket AP 5 Nachweiskonzept zur Integrität der einschlusswirksamen technischen Barrieren • <i>ISIBEL (2007c):</i> ISIBEL Abschlussbericht „Überprüfung und Bewertung des Instrumentariums für eine sicherheitliche Bewertung von Endlagern für HAW“, Aufgabenpaket AP7 Nachweiskonzepte für die Einhaltung der nicht radiologischen Schutzziele in der Nachbetriebsphase 			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> <ul style="list-style-type: none"> • Systematisierung und Zusammenstellung der vorliegenden Informationen zu Korrosionsraten der Behältermaterialien der Endlagergebäude. • Ermittlung von Korrosionsraten der Behälterstandzeiten unter dem Einfluss repräsentativer Endlagerbedingungen. 			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.04.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.04	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Versatzmaterial			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Unter Versatzmaterial werden alle bergmännisch eingebrachten Stoffe verstanden, die zur Ausfüllung untertägiger Hohlräume zum Einsatz kommen.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input checked="" type="checkbox"/> Randbedingung			<input type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.04.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.04	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Versatzmaterial			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i>			
<p>Die Aufgaben des Versatz sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> - die Einbettung der Behälter zu deren Schutz vor mechanischer Beschädigung durch herabfallendes Gestein oder Scherbewegungen des Grubenraums, - die Stützung der Grubenwände zur Verhinderung des Hereinbrechens von Gestein, - die mittel- bis langfristige Verhinderung oder Verzögerung eines Lösungszutritts aus dem Gebirge/Grubengebäude zu den Behältern, - die Pufferung des chemischen Milieus, das in unmittelbarer Nähe der Behälter besteht, - die Verhinderung oder Verzögerung des Radionuklidtransports vom (undichten) Behälter ins Gebirge, - die Ableitung entstehender Wärme aus den Behältern ins Gebirge und - die Minimierung von Hohlräumen. <p>Als Versatzmaterial können unter anderem Anwendung finden:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Salzhautwerk (Salzgrus), - Bentonit, - Bentonit-Mineral-Gemische, - Beton oder - Salz- oder Solebeton. <p>Der Versatz kann so eingebracht werden, dass die zu versetzenden Grubenräume nahezu vollständig ausgefüllt werden. Zur Einbringung des Versatzes stehen besondere Techniken zur Verfügung, z.B. das Einblasen oder Spülen (Spülversatz). Hohlräume können im Firstbereich bestehen bleiben.</p> <p>Die Eigenschaften des Versatzmaterials werden im FEP „Eigenschaften des Versatzmaterials“ beschrieben.</p>			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i>			
<p>Im derzeitigen Referenzkonzept wird Salzgrus als Versatzbaustoff für Einlagerungs-, Infrastruktur- und anderen Strecken vorgesehen (<i>ISIBEL 2007</i>). Bei der vertikalen Bohrlochlagerung werden die verbleibenden Resthohlräume zwischen Abfallgebände und Bohrlochkontur ebenfalls mit Salzgrus aufgefüllt.</p> <p>Andere mögliche Versatzbaustoffe wie Salz- bzw. Solebeton oder Bentonit werden am Referenzstandort nur in Verschlussbauwerken eingesetzt und werden daher nicht betrachtet.</p> <p>Metallteile: Die Matrix ist langzeitstabil. Zur Korrosion siehe oben unter „Brennstoff“.</p>			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i>			
<p>Die Zusammensetzung des Versatzbaustoffs bestimmt im wesentlichen Maße die mechanischen und chemischen Eigenschaften des Versatzes.</p>			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i>			
keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.04.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.04	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Versatzmaterial			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Auflösung und Ausfällung, Radiolyse	
<i>Resultierende FEPs:</i> Versatz: Eigenschaften des Materials		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Inventar: Sonstige Stoffe, Geochemisches Milieu im Grubengebäude, Auflösung und Ausfällung	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Wird berücksichtigt		<i>Strecken und Schächte:</i> Wird berücksichtigt	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Bemerkungen:</i> keine			
<i>Literaturquellen:</i> <i>ISIBEL (2007):</i> ISIBEL Abschlussbericht „Überprüfung und Bewertung des Instrumentariums für eine sicherheitliche Bewertung von Endlagern für HAW“, Aufgabenpaket AP 1.2 Konzeptuelle Endlagerplanung			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.04.02	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.04	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Versatz: Eigenschaften des Materials			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Die Eigenschaften des in die Grubenbaue eingebrachten Versatzmaterials bestimmen dessen Verhalten gegenüber chemischen, thermischen, mechanischen und anderen physikalischen Einwirkungen.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input checked="" type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.04.02	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.04	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Versatz: Eigenschaften des Materials			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i>			
<p>Wichtige Eigenschaften des Versatzmaterials sind die Dichte, die Porosität und das Kompaktionsverhalten, die Wärmeleitfähigkeit und seine Materialstärke (-dicke). Die Eigenschaften hängen vor allem von seiner Zusammensetzung und der Art des Einbringens ab. Unterschiedliche Eigenschaften können sich zusätzlich in Abhängigkeit vom Anteil der Bindemittel und Zuschlagstoffe, des Durchmischungsgrades von Bindemitteln und Zuschlagstoffen, vom Quellvermögen bzw. Schrumpfverhalten beim Abbinden, Aushärten oder beim Kontakt mit Lösungen ergeben.</p> <p>Einen wesentlichen Einfluss hat die Verdichtung des Versatzes, bzw. die Anzahl, Form, Größe und Ausfüllung der verbleibenden Poren zwischen den Versatzkörnern. Die Versatzverdichtung kann während des Einbringens durch die Wahl des Versatzverfahrens und eines gegebenenfalls einzusetzenden Nachverdichtens eingestellt werden.</p> <p>Die Bedingungen im Nahfeld sowie des Wirtsgesteins können sich durch Spannungen und Konvergenz und/oder Scherverformungen und Zustrom von Fluiden (charakterisiert durch Chemismus und thermodynamische Fluideigenschaften) auf den Zustand des Versatzmaterials auswirken. Die Wirkungen auf die Eigenschaften des Versatzmaterials können dabei sein:</p> <ul style="list-style-type: none"> - veränderte Stützfähigkeit - Änderung des Versatzvolumens durch Kompaktionen (Änderung des Porenvolumens), - (Auf-)Lösung und/oder Ablagerungen von in wässrigen Lösungen gelöstem Versatzmaterial, - Aufnahme oder Abgabe von Fluiden durch das Versatzmaterial und - veränderte Durchlässigkeit für Fluide und Radionuklide bzw. Reaktionen auf Fluidzustrom aus der Auflockerungszone. <p>Chemische Wechselwirkungen zwischen Versatzmaterial und wässrigen Lösungen können das chemische Milieu im Nahfeld (pH- und Eh-Wert, chemische Zusammensetzung) sowie die Eigenschaften des Versatzmaterials (Sorptions-eigenschaften, Quellfähigkeit, mechanische Stabilität) beeinflussen.</p>			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i>			
<p>Als Versatzmaterial wird Salzgrus verwendet, das in seinen chemischen Eigenschaften dem Wirtsgestein ähnlich ist, aber eine höhere Porosität und eine Feuchte aufweist. Salzgrus kompaktiert unter dem Gebirgsdruck, wobei die Kompaktion durch Feuchtigkeit beeinflusst wird. Salzgrus wird dabei nicht nur mechanisch, sondern auch chemisch, thermisch und durch ionisierende Strahlung beeinflusst. Solange allerdings keine ungesättigten Lösungen zutreten, ist Salzgrus langfristig stabil und erreicht nach langen Zeiten durch Kompaktion ähnliche hydraulische Eigenschaften wie Steinsalz.</p>			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i>			
<p>Unter trockenen Bedingungen werden die Porenräume im Salzgrus durch Kompaktion aufgrund des von außen anliegenden Drucks verkleinert, bis eine Porosität erreicht ist, die annähernd derjenigen von kompaktem Steinsalz entspricht. Das Versatzmaterial kann währenddessen seine Eigenschaften verändern in Form von Änderungen der Durchlässigkeit und/oder Aufnahmefähigkeit für Fluide und der Änderung der mechanischen Eigenschaften (z.B. Elastizität, Plastizität).</p> <p>Unter feuchten Bedingungen und/oder erhöhten Temperaturen sind die mechanischen Eigenschaften verändert, da die Fließfähigkeit des Salzes zunimmt und die damit verbundenen Prozesse schneller ablaufen.</p>			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.04.02	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.04	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Versatz: Eigenschaften des Materials			
<p>Diese Vorgänge können Auswirkungen auf das Nahfeld haben durch</p> <ul style="list-style-type: none"> - die Beeinflussung der Konvergenz des Einlagerungshohlraums, - die Veränderung der Spannungsverhältnisse in der Auflockerungszone und in der Folge - die Veränderung der hydraulischen Eigenschaften der Auflockerungszone sowie ggf. - die Veränderung des Porendrucks in der Auflockerungszone. <p>In gleicher Weise beeinflusst das Versatzmaterial die Spannungsverhältnisse sowie die davon abhängigen Eigenschaften im außerhalb der Einlagerungsbereiche umgebenden Wirtsgestein und mittelbar auch in dem das Nahfeld umgebende Wirtsgestein. Im Falle eines Zutrittes von ungesättigten Lösungen kann es zu einer Auf- oder Umlösung des Versatzmaterials kommen (siehe FEP „Auflösung und Ausfällung“). In Bohrlöchern ist gegebenenfalls die Radiolyse von Versatzmaterial zu betrachten (siehe FEP „Radiolyse“).</p>			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i> Versatzmaterial		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Konvergenz, Versatzkompaktion, Auflösung und Ausfällung, Thermische Expansion und Kontraktion, Radiolyse	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Konvergenz, Versatzkompaktion, Kanalisierung, Durchströmung von Versatz und technischen Barrieren, Thermische Expansion und Kontraktion, Spannungsumlagerung	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Wird berücksichtigt		<i>Strecken und Schächte:</i> Wird berücksichtigt	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Bemerkungen:</i> keine			
<i>Literaturquellen:</i> <i>ISIBEL (2007):</i> ISIBEL Abschlussbericht „Überprüfung und Bewertung des Instrumentariums für eine sicherheitliche Bewertung von Endlagern für HAW“, Aufgabenpaket AP 1.2 Konzeptuelle Endlagerplanung. <i>Stührenberg, D.; Zhang, C. (1998):</i> Projekt Gorleben – Kompaktion und Permeabilität von Salzgrus. – Endbericht zu AP 9G 21382100, unveröffentlicht, Hannover.			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.04.02	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.04	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Versatz: Eigenschaften des Materials			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.05.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.05	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Zusammensetzung des Verschlussmaterials			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Die Zusammensetzung der Verschlussmaterialien beschreibt den stofflichen Bestand der für die Errichtung der Schacht- und Streckenverschlüsse zum Einsatz kommenden Materialien.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input checked="" type="checkbox"/> Randbedingung			<input type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.05.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.05	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Zusammensetzung des Verschlussmaterials			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i>			
<p>Möglicherweise zum Einsatz kommende Verschlussmaterialien sind u.a. Salzgrus aus zerkleinertem, gesiebttem Salz, Schotter aus gebrochenem Gestein, Bentonit, Bitumen, Gussasphalt, Salz- bzw. Solebeton aus Zement, Lauge und Zuschlag sowie Salzbriketts aus gepresstem Salz.</p> <p>Aus dem Projekt Schachtverschluss Salzdetfurth (K&S, 2002) liegen bereits Daten für einige Verschlussmaterialien vor, die folgend zur Information dargestellt sind.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Für setzungsarme Schottersäulen bei Schachtfundamenten wurde Schotter der Brechung 22,4/63 mm verwendet (K&S, 2002). • Für Dichtungselemente vor allem im Schachtverschluss ist Bentonit vorgesehen. Je nach verwendetem Bentonit ist die mineralogische Zusammensetzung unterschiedlich und muss aus den entsprechenden Datenblättern ermittelt werden. Bekannte Bentonitsorten sind MX80, Montigel oder Calcigel. Schüttgut aus Bentonit sollte eine möglichst hohe Einbaudichte aufweisen. Die Einbaudichte ist abhängig von der Mischung. Beim Schachtverschluss Salzdetfurth (K&S, 2002) wurden mit einer Schüttung aus 70 % - 80 % Briketts (Größe 4 - 20 cm³) und 20 % - 30 % Granulat 0,5 - 3 mm und anschließender Verdichtung der Einbaulagen Dichten von mehr als 1,65 g/cm³ erreicht. 			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i>			
<p>In der Beschreibung des Referenzkonzepts sind weiterführende Angaben zu finden (ISIBEL, 2007).</p> <p>Am Referenzstandort kommen folgende Materialien in Betracht, deren Zusammensetzung nachfolgend beschrieben wird:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Salzgrusbriketts aus gepresstem Salzgrus. • Schotter: Schotter besteht aus langzeitstabilen Gesteinen wie Basalt. Schotter wird in verschiedenen Brechungen angeboten. • Bentonit für Dichtungselemente: Für Dichtungselemente kann Bentonit gepresst in Form von Mauersteinen oder lose als Pellets und Puder in Schüttung eingesetzt werden. Es können verschiedene Bentonitsorten je nach den geforderten Eigenschaften eingesetzt werden, z.B. Calcigel oder MX80. Es sind auch Gemische von Bentonit und Sand oder anderen Mineralen/Mineralgemischen möglich. • Bitumen • Gussasphalte: Gussasphalte bestehen aus Splitt, Sand, Steinmehl und Bitumen. Je nach Anforderungen an den Gussasphalt können die Mengen variieren. • Salz- bzw. Solebeton ist ein Gemisch aus Lauge, Zuschlag (Salzgrus) und Zement. • Stahl: Als Bewehrungsstahl für bewehrten Beton kann Betonstahl nach DIN488 verwendet werden. Die Zusammensetzung des Betonstahls kann mit Hilfe der dort festgelegten Werkstoffnummern erfragt werden. 			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i>			
<p>Die Zusammensetzung der eingesetzten Verschlussmaterialien ist für den Langzeitsicherheitsnachweis von großer Bedeutung, da sie deren Eigenschaften beeinflussen können (z.B. Festigkeit, Einbaudichte) und damit auch direkten Einfluss auf die Funktion des Bauwerks haben.</p>			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.05.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.05	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Zusammensetzung des Verschlussmaterials			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Für das FEP gibt es keine zeitlichen Beschränkungen. Die Zusammensetzung eines Verschlussmaterials kann sich durch chemische und ggf. thermische, hydraulische, Einwirkungen verändern.			
<i>Abhängigkeiten:</i>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Fehlerhafte Erstellung eines Verschlussbauwerks Auflösung und Ausfällung	
<i>Resultierende FEPs:</i> Eigenschaften des Verschlussmaterials		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Inventar: Radionuklide Inventar: Organika Inventar: sonstige Stoffe Quellen des Bentonits Geochemisches Milieu im Grubengebäude Auflösung und Ausfällung Kolloide Komplexbildung	
<i>Handhabung:</i>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen.		<i>Strecken und Schächte:</i> Wird berücksichtigt.	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen.		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen.	
<i>Bemerkungen:</i> Keine			
<i>Literaturquellen:</i> <i>Sitz, P. (2001)</i> , Langzeitstabile Streckenverschlussbauwerke im Salinar, 5. Statusgespräch zu FuE Vorhaben, Leipzig 2001 <i>Sitz, P. (2003)</i> , Forschungsvorhaben: Entwicklung eines Grundkonzeptes für langzeitstabile Verschlussbauwerke für UTD im Salinar, Bau und Test eines Verschlussbauwerks unter realen Bedingungen, TU-BAF, 2003 <i>IfG Leipzig (1998-2000)</i> : Standsicherheitsnachweis für das statische Widerlager im Streckenverschlussbauwerk in der EU1 der Grube Sondershausen, Institut für Gebirgsmechanik, Leipzig <i>Kali&Salz (2002)</i> : Forschungsprojekt Schachtverschluss Salzdetfurth Schacht II, BMBF-Forschungsvorhaben 02C0516, K+S AG, Kassel, 2002			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.05.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.05	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Zusammensetzung des Verschlussmaterials			
<p><i>Müller-Hoeppe, N.; Mauke, R.; Wollrath, J.(2002):</i> Closure Concept for the Morsleben LLW Repository for Radioactive Waste, Design of the Drift Seals in a former Salt Mine; Engineered Barrier Systems (EBS) in the Context of the Entire Safety Case; Workshop Proceedings, Oxford, UK, 2002</p> <p><i>ISIBEL (2007):</i> ISIBEL Abschlussbericht „Überprüfung und Bewertung des Instrumentariums für eine sicherheitliche Bewertung von Endlagern für HAW“, Aufgabenpaket AP 1.2 Konzeptionelle Endlagerplanung</p>			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i>			
Materialoptimierung zur gezielten Beeinflussung der Materialeigenschaften			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.05.02	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.05	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Eigenschaften von Verschlussmaterialien			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Das FEP benennt die Verschlussmaterialien der jeweiligen Schacht- und Streckenverschlüsse und charakterisiert deren Eigenschaften (THMC).			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input checked="" type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung		<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs	
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input checked="" type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Strecken- und Schachtverschlüsse			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.05.02	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.05	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Eigenschaften von Verschlussmaterialien			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i>			
<p>Im Allgemeinen werden von den Verschlussmaterialien folgende grundlegende Eigenschaften gefordert:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Beständigkeit gegen saline Wässer aus Einschlüssen des Wirtsgesteins oder in der gestörten Endlagerentwicklung durch zufließende Laugen • Quelleigenschaften des Bentonit unter den vorherrschenden Endlagerbedingungen • ausreichende Beständigkeit gegen Versprödung durch ionisierende Strahlung • Kompaktionsfähigkeit des Versatzes • ausreichend geringe Durchlässigkeit von Baustoffen für Dichtelemente in Verschlussbauwerken • langzeitige Dauerhaftigkeit der Materialien, damit die definierten Materialeigenschaften über die geplante Lebensdauer der Barrieren erhalten bleiben <p>Zur rechnerischen Analyse der Strecken- und Schachtverschlüsse im Rahmen eines Langzeitsicherheitsnachweises ist die Kenntnis von geeigneten Stoffmodellen und von natürlichen Analoga notwendig, damit einerseits ein Nachweis der Tragfähigkeit und Dichtheit geführt werden kann und andererseits davon entkoppelt die Beständigkeit des jeweiligen Verschlussmaterials nachweisen zu können. Für die einzelnen Verschlussmaterialien sind folgende Stoffgesetze bekannt bzw. werden vorgeschlagen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Salzgrus als Streckenversatz: Zur Quantifizierung des Kompaktionsverhaltens von Salzgrus muss ein Kompaktionsstoffmodell herangezogen werden, z.B. <i>Korthaus (1998)</i>. • Schotter als Grundmaterial für ein setzungsarmes Schachtverschlussfundament: Untersuchungen zur Setzungsstabilität von Schottersäulen für Schachtverschlüsse wurden im Rahmen eines Forschungsvorhabens bei der Firma <i>Kali&Salz (2002)</i> durchgeführt. • Bentonit für Dichtungselemente in Schächten: Bentonit wird sowohl als Versatzmaterial als Schüttung wie auch als Material für Verschlussbauwerke als Mauerwerk verwendet. Beim Dammbauwerk in der Grube Sondershausen, welches in einem Forschungsvorhaben errichtet wurde, kam Bentonitmauerwerk als Dichtelement zum Einsatz, <i>Sitz (2003)</i>. In Untersuchungen des <i>IfG (1998, 2000)</i> wurde die Festigkeit des Mauerwerksverbundes ermittelt und mit dem FDM-Programm <i>FLAC3D</i> unter der Verwendung des Stoffmodells „Ubiquitous Joints“ wurde das Mauerwerk rechnerisch analysiert. • Bitumen für Gleitschichten und als viskose Dichtungsmittel sowie Gussasphalt für Dichtungsschlitze von Dichtungselementen: In frühen Arbeiten zu Damm- und Abdichtungsbauwerken wurde schon die Bedeutung von Bitumen und Asphalten dargestellt, <i>Sitz (1981)</i>. Allerdings sind keine Stoffmodelle bekannt, mit denen das Deformationsverhalten von Bitumen und Asphalten modelliert werden kann. • Salzbeton für Abdichtungsbauwerke und für die Verfüllung von Einlagerungskammern oder Einlagerungsstrecken sowie als Baustoff für Abdichtungsbauwerke. • Salzgrusbriketts und Naturwerksteine für Mauerwerk von Widerlagern. 			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i>			
<p>Am Referenzstandort werden folgende Materialien für Verschlussbauwerke verwendet:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Salzgrus als Streckenversatz und als Bohrlochversatz • Schotter als Grundmaterial für ein setzungsarmes Schachtverschlussfundament • Bentonit für Dichtungselemente in Schächten 			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.05.02	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.05	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Eigenschaften von Verschlussmaterialien			
<ul style="list-style-type: none"> • Bitumen für Gleitschichten zwischen Dichtungselementen und Gebirge und als viskose Dichtungsmittel in Dichtungsschlitzten von Dichtungselementen • Gussasphalt für Dichtungsschlitzte von Dichtungselementen • Salz- und Solebeton für Abdichtungsbauwerke und ggf. für die Verfüllung von Einlagekammern/-strecken • Ggf. Salzgrusbriketts und Naturwerksteine für Mauerwerk von Widerlagern <p>Die Zusammensetzung der Verschlussmaterialien wird im FEP „Zusammensetzung von Verschlussmaterialien“ beschrieben.</p> <p>Die geplanten geotechnischen Barrieren werden im Referenzkonzept (<i>ISIBEL, 2007</i>) beschrieben.</p> <p>Die Strecken- und Schachtverschlüsse des Endlagers müssen folgende Aufgaben erfüllen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Streckenverschlüsse müssen so lange gegen zufließende oder abfließende Medien dicht sein, bis der Streckenversatz aus Salzgrus einen Kompaktionsgrad erreicht hat und die Auflockerungszone soweit zurückgebildet wurde, dass der Permeabilitätsrückgang im Versatz und in der Auflockerungszone die Größenordnung der Permeabilität des Streckenverschlusses erreicht. • Der Schachtverschluss schließt das Endlager zur Biosphäre ab und muss über ein Dichtelement verfügen, so dass ein Lösungszutritt über den Schacht in die Grubenbaue begrenzt oder ausgeschlossen werden kann. <p>Nach dem Grundsatz, dass für die Errichtung von Strecken- und Schachtverschlüssen Materialien ähnlich oder gleich des umliegenden Gebirges verwendet werden sollen, sind die Eigenschaften des Wirtsgesteins für Auswahl der Materialien der entsprechenden Bauwerke zu berücksichtigen. Im Grubengebäude kommen daher für Dichtelemente Salz- und Solebeton, Salzgrus und Mauerwerk aus Salzbriketts oder Salzformsteinen in Betracht. Für die Dichtelemente des Schachtverschlusses im Bereich des Deck- und Nebengebirges wird meist Bentonit vorgesehen.</p>			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i>			
<p>Prozesse, die die Eigenschaften der Verschlussmaterialien negativ beeinflussen, können zu einem teilweisen oder sogar vollständigen Verlust der Barrierenfunktion führen. Die wesentlichen Prozesse, die zu Veränderungen der Materialeigenschaften führen können wurden bereits vorgestellt (siehe weitere Informationen und Beispiele). Zur Vermeidung des Funktionsverlustes von Barrieren werden die Prozesse, die eine Veränderung der Materialeigenschaften nach sich ziehen können bei der Endlagerauslegung berücksichtigt und die Schacht- und Streckenverschlüsse so ausgelegt, dass die Veränderung der Materialeigenschaften zu keiner Beeinträchtigung der Barrierenfunktion führt.</p>			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i>			
<p>Für das FEP gibt es keine zeitlichen Beschränkungen. Die Materialien müssen über den für den jeweiligen Schacht- bzw. Streckenverschlusses veranschlagten Nachweiszeitraum beständig sein und dürfen in diesem Zeitraum ihre für die Langzeitsicherheit zugrunde gelegten Eigenschaften nicht verlieren. Die Nachweiszeiträume variieren jedoch aufgrund der Anforderungen an die einzelnen Strecken- und Schachtverschlüsse, bei denen die Materialien eingesetzt werden sollen. Ein Verschlussbauwerk muss oder die Kombination mehrerer Ver-</p>			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.05.02	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.05	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Eigenschaften von Verschlussmaterialien			
schlussbauwerke müssen über den im Endlagerkonzept festgelegten Nachweiszeitraum ihre Funktion bewahren, so dass die radiologischen Schutzziele erfüllt werden.			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i> Zusammensetzung des Verschlussmaterials		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Alteration von Querschnittsabdichtungen Fehlerhafte Erstellung eines Verschlussbauwerks Konvergenz Lösungen im Grubenbau Quellen des Bentonits Auflösung und Ausfällung Thermische Expansion und Kontraktion Spannungsumlagerung	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Alteration von Querschnittsabdichtungen Konvergenz Nicht thermisch induzierte Volumendehnung Rissbildung Mechanisches Versagen eines Verschlussbauwerks Lageverschiebung des Schachtverschlusses Kanalisation Durchströmen von Versatz und technischen Barrieren Quellen des Bentonits Thermische Expansion und Kontraktion Gaseindringdruck Auflockerungszone Spannungsumlagerung Sorption, Desorption Matrixdiffusion	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen.		<i>Strecken und Schächte:</i> Wird berücksichtigt.	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen.		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen.	
<i>Bemerkungen:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.05.02	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.05	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Eigenschaften von Verschlussmaterialien			
<p><i>Literaturquellen:</i></p> <p><i>Sitz, P. (1981):</i> Querschnittsabdichtungen untertägiger Hohlräume durch Dämme und Pfropfen, Freiburger Forschungshefte, VEB Verlag für Grundstoffindustrie, 1981</p> <p><i>Sitz, P. (2001),</i> Langzeitstabile Streckenverschlussbauwerke im Salinar, 5. Statusgespräch zu FuE Vorhaben, Leipzig 2001</p> <p><i>Sitz, P. (2003),</i> Forschungsvorhaben: Entwicklung eines Grundkonzeptes für langzeitstabile Verschlussbauwerke für UTD im Salinar, Bau und Test eines Verschlussbauwerks unter realen Bedingungen, TU-BAF, 2003</p> <p><i>Korthaus, E. (1998):</i> Experiments on Crushed Salt Consolidation with True Triaxial Testing Device as a Contribution to an EC-Benchmark Exercise (FZKA 6181), Forschungszentrum Karlsruhe</p> <p><i>IfG Leipzig (1998-2000):</i> Standsicherheitsnachweis für das statische Widerlager im Streckenverschlussbauwerk in der EU1 der Grube Sondershausen, Institut für Gebirgsmechanik, Leipzig</p> <p><i>Kali&Salz (2002):</i> Forschungsprojekt Schachtverschluss Salzdetfurth Schacht II, BMBF-Forschungsvorhaben 02C0516, K+S AG, Kassel, 2002</p> <p><i>Müller-Hoeppe, N.; Mauke, R.; Wollrath, J. (2002):</i> Closure Concept for the Morsleben LLW Repository for Radioactive Waste, Design of the Drift Seals in a former Salt Mine; Engineered Barrier Systems (EBS) in the Context of the Entire Safety Case; Workshop Proceedings, Oxford, UK, 2002</p> <p><i>Mauke, R; Schmidt, H (2003):</i> Untersuchung der Kontaktzone am Asse-Vordamm, Darstellung und Bewertung der Ergebnisse, BfS/DBE, Vortrag beim 32. Geomechanik-Kolloquium Leipzig, 2003</p> <p><i>Müller-Hoeppe, N.; Mauke, R.; Wollrath, J.(2003):</i> Repository Seal Requirements and Design, EBS-Design Requirements and Constraints, Workshop, Turku, Finland, 2003</p> <p><i>ISIBEL (2007):</i> ISIBEL Abschlussbericht „Überprüfung und Bewertung des Instrumentariums für eine sicherheitliche Bewertung von Endlagern für HAW“, Aufgabenpaket AP 1.2 Konzeptionelle Endlagerplanung</p>			
<p><i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i></p> <p>Salzgruskompaktion für kleine Porositäten</p>			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.05.03	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.05	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Alteration von Strecken- und Schachtverschlüssen			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Die Alteration von Strecken- und Schachtverschlüssen beschreibt die Anpassung von mineralischen Materialien an veränderte (geo-)chemische Umgebungsbedingungen über die Zeit.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input checked="" type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input checked="" type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Strecken- und Schachtverschlüsse			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.05.03	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.05	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Alteration von Strecken- und Schachtverschlüssen			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i>			
<p>Strecken- und Schachtverschlüsse haben in der Nachbetriebsphase die Aufgabe Lösungen vom Einlagerungsbereich fernzuhalten bzw. die Ausbreitung kontaminierter Lösungen zu erschweren. Es wird davon ausgegangen, dass diese Ansprüche an die Funktionalität von Strecken- und Schachtverschlüssen durch eine entsprechende Planung und Ausführung für die erste Zeit nach Verschluss des Endlagers verwirklicht werden können. Die Wahrscheinlichkeit für ein Versagen der Strecken- und Schachtverschlüsse nimmt aber für spätere Zeiten infolge Alteration des Abdichtungsmaterials zu. Ein erheblicher Teil der kurzlebigen Radionuklide wird dann bereits zerfallen sein. Innerhalb der geplanten Lebensdauer der einzelnen Strecken- und Schachtverschlüsse ist durch eine entsprechende Materialauswahl und Planung sicherzustellen, dass die Alteration nicht zum teilweisen oder vollständigen Verlust vor Ablauf der geplanten Lebensdauer der Barriereintegrität führt.</p> <p>Damit die Strecken- und Schachtverschlüsse ihre Funktion über die Lebensdauer und darüber hinaus bewahren können, werden von den Materialien der Abdichtungen folgende grundlegende Eigenschaften gefordert:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Beständigkeit gegen saline Wässer aus Einschlüssen des Wirtsgesteins oder in der gestörten Endlagerentwicklung durch zutretende Lösungen • Quellfähigkeit des Bentonit unter den vorherrschenden Endlagerbedingungen • ausreichende Beständigkeit gegen Versprödung durch ionisierende Strahlung • ausreichend geringe Durchlässigkeit von Dichtelementen in Strecken- und Schachtverschlüssen • langzeitige Dauerhaftigkeit der Materialien, damit die definierten Materialeigenschaften über die geplante Nutzungsdauer der Barrieren erhalten bleiben. 			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i>			
<p>An verschiedenen Stellen im Einlagerungs- und Infrastrukturbereich werden Strecken- und Schachtverschlüsse errichtet, die in der Nachbetriebsphase die Einhaltung der radiologischen Schutzziele gewährleisten müssen. Bei deren Auslegung wird eine Lebensdauer zugrunde gelegt, in der die Funktion gewährleistet sein muss. Im Langzeitsicherheitsnachweis sind Nachweise über die Einhaltung des Funktionsumfangs an diese Strecken- und Schachtverschlüsse zu führen.</p> <p>Prozesse, die die Eigenschaften der Verschlussmaterialien negativ beeinflussen, können zu einem teilweisen oder sogar vollständigen Verlust der Barrierenfunktion führen. Darüber hinaus können aber auch Lageänderungen durch mechanische Einwirkungen wie Gebirgsdruck und daraus resultierender Spannungsumlagerung und Fluiddruck zu Lageänderungen der Strecken- und Schachtverschlüsse führen, so dass lokal Abrisse und Umläufigkeiten entstehen. Diese Sachverhalte werden in den FEPs Fluiddruck, Spannungsumlagerung, Versagen eines Strecken- und Schachtverschlusses, Durchströmung von Versatz und technischen Barrieren, Umläufigkeiten, Lageverschiebung des Schachtfundaments und Lageverschiebung des Schachtverschlusses berücksichtigt und weiter diskutiert.</p> <p>Die Alteration von Strecken- und Schachtverschlüssen behandelt nur die Veränderungen der Eigenschaften der Verschlussmaterialien aufgrund geochemischer Milieuveränderungen in den Grubenbauen.</p>			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.05.03	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.05	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Alteration von Strecken- und Schachtverschlüssen			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Veränderungen der Abdichtungseigenschaften bzw. der Rückhaltewirkung von Strecken- und Schachtverschlüssen durch Alteration können die Ausbreitung von Radionukliden, das Vordringen von Lösungen zu den Abfällen beeinflussen und beschleunigen. Die Rückhaltewirkung gegenüber Radionukliden kann zusätzlich beeinflusst werden, wenn je nach pH/Eh-Bedingungen chemische Umwandlungsprodukte des Baumaterials oder das Baumaterial selbst sich auf die Radionuklidausbreitung auswirken (Sorption, Desorption).			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Für das FEP gibt es keine zeitlichen Beschränkungen. Strecken- und Schachtverschlüsse müssen über den im Endlagerkonzept festgelegten Nachweiszeitraum ihre Funktion bewahren, so dass die radiologischen Schutzziele erfüllt werden.			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Eigenschaften des Verschlussmaterials Fehlerhafte Erstellung eines Verschlussbauwerks Nicht thermisch induzierte Volumendehnung Durchströmen von Versatz und technischen Barrieren Geochemisches Milieu im Grubengebäude Auflösung und Ausfällung	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Eigenschaften des Verschlussmaterials Konvergenz Rissbildung Mechanisches Versagen eines Verschlussbauwerks Porosität Permeabilität Umläufigkeiten Kanalisation Quellen des Bentonits Geochemisches Milieu im Grubengebäude Kolloide Komplexbildung	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen.		<i>Strecken und Schächte:</i> Wird berücksichtigt.	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen.		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen.	

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.05.03	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.05	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Alteration von Strecken- und Schachtverschlüssen			
<i>Bemerkungen:</i> Keine			
<i>Literaturquellen:</i> <p><i>Sitz, P. (2001):</i> Langzeitstabile Streckenverschlussbauwerke im Salinar, 5. Statusgespräch zu FuE Vorhaben, Leipzig 2001</p> <p><i>Sitz, P. (2003):</i> Forschungsvorhaben: Entwicklung eines Grundkonzeptes für langzeitstabile Verschlussbauwerke für UTD im Salinar, Bau und Test eines Verschlussbauwerks unter realen Bedingungen, TU-BAF, 2003</p> <p><i>IfG Leipzig (1998-2000):</i> Standsicherheitsnachweis für das statische Widerlager im Streckenverschlussbauwerk in der EU1 der Grube Sondershausen, Institut für Gebirgsmechanik, Leipzig</p> <p><i>Kali&Salz (2002):</i> Forschungsprojekt Schachtverschluss Salzdetfurth Schacht II, BMBF-Forschungsvorhaben 02C0516, K+S AG, Kassel, 2002</p> <p><i>Mauke, R; Schmidt, H (2003):</i> Untersuchung der Kontaktzone am Asse-Vordamm, Darstellung und Bewertung der Ergebnisse, BfS/DBE, Vortrag beim 32. Geomechanik-Kolloquium Leipzig, 2003</p> <p><i>Müller-Hoeppe, N.; Mauke, R.; Wollrath, J.(2003):</i> Repository Seal Requirements and Design, EBS-Design Requirements and Constraints, Workshop, Turku, Finland, 2003</p> <p><i>ISIBEL Abschlussbericht</i> „Überprüfung und Bewertung des Instrumentariums für eine sicherheitliche Bewertung von Endlagern für HAW“, Aufgabenpaket AP 1.2 Konzeptionelle Endlagerplanung</p>			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.05.04	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.05	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Event		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Fehlerhaftes Erstellen eines Strecken- oder Schachtverschlusses			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Planungs- und Ausführungsfehler können zu Mängeln an Strecken- und Schachtverschlüssen führen, die ihre Funktion beeinträchtigen.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input checked="" type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input checked="" type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Strecken- bzw. Schachtverschlüsse			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.05.04	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.05	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Event		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Fehlerhaftes Erstellen eines Strecken- oder Schachtverschlusses			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i>			
<p>Durch geeignete Qualitätssicherungsmaßnahmen bei der Planung und Ausführung von Verschlussbauwerken wird die Wahrscheinlichkeit der fehlerhaften Ausführung und damit des ungeplanten Versagens minimiert.</p> <p>Das geforderte Niveau der Zuverlässigkeit für den Nachweis kann durch die Anwendung von Sicherheitsbeiwerten für die Einwirkungen sowie die Anwendung statistisch abgeleiteter Zahlenwerte für die Materialkennwerte, durch Vorkehrungen beim Qualitätsmanagement, durch Maßnahmen zur Reduzierung von Fehlerquellen im Entwurf, durch ein robustes Tragwerk, durch die Anwendung genauer Rechenverfahren und durch die Dauerhaftigkeit der verwendeten Baustoffe sichergestellt werden. Für weitere Informationen wird auf den Eurocode <i>EC1 (DIN EN 1990:2002)</i> verwiesen. Der hier angesprochene Eurocode <i>EC1</i> markiert national und international den aktuellen Stand der Technik im Bauwesen. Natürlich sind auch andere Regelwerke anwendbar. Das Konzept des <i>EC1 (DIN EN 1990:2002)</i> bietet aber die Vorteile die Versagenswahrscheinlichkeiten in den Berechnungen zu berücksichtigen und der internationalen Akzeptanz.</p> <p>Die Maßnahmen der Qualitätssicherung umfassen insbesondere</p> <ul style="list-style-type: none"> • die Bestimmung der Anforderungen an die Zuverlässigkeit, • die Organisation der Qualitätssicherungsmaßnahmen, • die Überwachung in der Planung, Ausführung, Nutzung und Instandhaltung. 			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i>			
<p>Anhand von Schadensfolgeklassen werden die erforderlichen Zuverlässigkeitsklassen und daraus resultierend die erforderlichen Prüf- und Überwachungsmaßnahmen festgelegt. Für weitere Informationen wird auf den Eurocode <i>EC1 (DIN EN 1990:2002)</i> verwiesen. Somit kann das Maß der Zuverlässigkeit bestimmt werden, mit dem das Versagen Verschlussbauwerke durch fehlerhafte Planung oder Ausführung ausgeschlossen werden kann.</p> <p>Je nach Grad der Auswirkungen im Schadensfall kann das Maß der geforderten Zuverlässigkeit der einzelnen Barrieren unterschiedlich gewichtet werden.</p>			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i>			
<p>Das fehlerhafte Erstellen von Strecken- und Schachtverschlüssen kann zu einem teilweisen oder vollständigen Versagen des Bauwerks führen. Fehler in der Planung eines Strecken- oder Schachtverschlusses können zu teilweisen oder vollständigem Verlust des Funktionsfähigkeit des jeweiligen Bauwerks führen.</p> <p>Die Konsequenzen aus dem fehlerhaften Erstellen von Strecken- und Schachtverschlüssen können zu erhöhten Durchlässigkeiten für Fluide führen.</p>			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i>			
<p>Das FEP ist zeitlich beschränkt auf die in den Planungen zugrunde gelegte Lebensdauer des Strecken- oder Schachtverschlusses.</p>			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.05.04	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.05	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Event		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Fehlerhaftes Erstellen eines Strecken- oder Schachtverschlusses			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i>	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Zusammensetzung des Verschlussmaterials Eigenschaften des Verschlussmaterials Alteration von Querschnittsabdichtungen Rissbildung Mechanisches Versagen eines Verschlussbauwerks Lageverschiebung des Schachtverschlusses Porosität Permeabilität Umläufigkeiten Kanalisation Quellen des Bentonits Auflockerungszone	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen.		<i>Strecken und Schächte:</i> Wird berücksichtigt.	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen.		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen.	
<i>Bemerkungen:</i> Keine			
<i>Literaturquellen:</i> <i>DIN EN 1990:2002:</i> Grundlagen der Tragwerksplanung, CEN – Europäisches Komitee für Normung, Brüssel, 2002			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Übertragbarkeit der Lebensdauer $t = 100$ Jahre von Tragwerken im EC1 auf längere Nachweiszeiträume.			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.06.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.06	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Technische Einrichtungen und deren Eigenschaften			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Nach der Schließung des Endlagers nicht zurückgebaute technische Einrichtungen können Eigenschaften aufweisen, die in der Langzeitsicherheitsanalyse zu betrachten sind.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input checked="" type="checkbox"/> Randbedingung		<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs	
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input checked="" type="checkbox"/> indirekt <input type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.06.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.06	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Technische Einrichtungen und deren Eigenschaften			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i>			
<p>Der überwiegende Teil der untertägigen Grubenbaue im Steinsalz wird während der Betriebsphase auch ohne Ausbau weitgehend standsicher sein. Dies betrifft vor allem die Einlagerungsbereiche. Trotzdem sind einige Bereiche durch geeignete Ausbaumaßnahmen zu sichern. Das betrifft vor allem Bereiche mit großen Firstspanweiten, z. B. Schachtfüllörter, Streckenkreuze und Werkstätten, d.h. vor allem die Infrastrukturbereiche.</p> <p>Ausbauelemente können sich innerhalb oder weitgehend außerhalb des lichten Querschnitts des betreffenden Grubenhohlraums befinden.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zu den innerhalb des lichten Querschnitts befindlichen Ausbauelementen zählen offene und geschlossene Ausbauarten. Offene Ausbauarten sind z.B. Türstockausbau und Portalausbau. Beide bestehen aus Stahlträgern, die möglichst dicht an der Kontur des Grubenhohlraums entlang gebaut sind und häufig zum Schutz von Mensch und Maschine vor herabfallenden Gesteinsstücken mit Maschendraht, seltener auch mit Verzugsblechen kombiniert werden. • Zu den geschlossenen Ausbauarten zählen z.B. Spritzbetonausbau, Formsteinausbau und Mauerwerksausbau. Spritzbeton erhält häufig Zusätze von Drahtstücken oder Kunststofffasern, um die Zugfestigkeit des Betons zu erhöhen. Zu den weitgehend außerhalb des lichten Querschnitts befindlichen Ausbauelementen zählt der Ankerausbau. Er besteht aus dem eigentlichen Anker im Ankerbohrloch und einer in den lichten Querschnitt hineinragenden Ankerplatte. Auch der Ankerausbau wird häufig zum Schutz von Mensch und Maschine vor herabfallenden Gesteinsstücken mit Maschendraht oder Kunststoffmatten kombiniert. <p>Möglicherweise im Endlager verbleibende sonstige technische Einrichtungen können z.B. Kabel und andere Versorgungsleitungen sowie Bauteile der Wetterführung sein. Diese sonstigen technischen Einrichtungen können unter anderem Metalle und Kunststoffe enthalten. Auch der Beton der Ausbauelemente wird korrodieren. Ausmaß und Geschwindigkeit hängen von der Qualität des Betons und den angreifenden Agenzien (z. B. verschiedenste Salzlösungen) ab. Bei der Betonkorrosion entstehen aus dem Portlandit des Betons ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) letzten Endes die Korrosionsprodukte Kalk (CaCO_3) und Wasser. Zwischenprodukt ist Kohlensäure (H_2CO_3). Folge dessen ist die Verringerung des pH-Wertes der Porenlösung von durchschnittlich 12,5 auf unter 9. Bei pH-Werten oberhalb 10 bildet sich auf der Oberfläche des im Beton eingebetteten Stahls eine Passivierungsschicht, die den Stahl dauerhaft vor Korrosion schützt. Sinkt der pH-Wert im Beton, besteht die Gefahr von mit Stahlkorrosion verbundenen Schäden.</p>			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i>			
<p>Das geplante Endlagerbergwerk besteht neben dem eigentlichen Einlagerungsbereich aus weiteren Grubenbauen für beispielsweise Infrastruktur und Wetterführung. Diese Bereiche werden am Ende der Betriebsphase mit Versatzstoffen versetzt.</p> <p>In diesen Grubenbereichen können sich in dem endgültig verschlossenen Endlagerbergwerk technische Einrichtungen und Bauwerke befinden, wenn sie nicht beraubt wurden. Dazu gehören z.B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Messeinrichtungen und elektrische Leitungen, • Ausbauelemente zur Erhaltung der Standsicherheit oder zum Schutz von Mensch und Maschine vor herabfallenden Gesteinsstücken aus Firste und Stoß, • Fundamente von ehemaligen technischen Geräten und Anlagen, 			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.06.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.06	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Technische Einrichtungen und deren Eigenschaften			
<ul style="list-style-type: none"> • Anker zum Befestigen von technischen Geräten und Anlagen an der Firste oder am Stoß, • Reste vom Wege- und Fahrbahnbau. <p>Bei der Korrosion von Metallen und bei der Zersetzung von Organika können Gase gebildet werden.</p> <p>Die im Endlager nach dem Verschluss zurückgebliebenen technischen Einrichtungen stellen zum Zeitpunkt der Schließung den Ist-Zustand dar. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt kann noch keine Aussage über die Wahl und Anzahl möglicher im Endlager verbleibender technischer Einrichtungen getroffen werden. Bei der Umsetzung des konkreten Planungskonzeptes des Endlagers ist festzulegen, welche technischen Einrichtungen im Grubengebäude verbleiben dürfen und welche geraubt werden müssen. Entsprechende Mengenermittlungen sind anhand des konkreten Endlagerkonzeptes durchzuführen.</p>			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i>			
Die technischen Einrichtungen beeinflussen direkt die Inventare an Metallen, Organika und sonstigen Stoffen im Endlager. Als indirekte Folge beeinflussen sie damit die Metallkorrosion und die Zersetzung von Organika.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i>			
Keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i>	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i>	
		Kokillensticking Inventar: Metalle Inventar: Organika Inventar: sonstige Stoffe	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i>		<i>Strecken und Schächte:</i>	
Wird berücksichtigt.		Wird berücksichtigt.	
<i>Wirtsgestein:</i>		<i>Deck- und Nebengebirge:</i>	
Nicht zu berücksichtigen.		Nicht zu berücksichtigen.	
<i>Bemerkungen:</i>			
Keine			
<i>Literaturquellen:</i>			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i>			
Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.06.02	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.06	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Lageverschiebung des Schachtfundament			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Das Schachtfundament verändert seine Lage dann, wenn die Beanspruchung des Wirtsgesteins im Bereich des Fundaments größer ist, als der Widerstand des Wirtsgesteins.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input checked="" type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input checked="" type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Wirtsgestein			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.06.02	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.06	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Lageverschiebung des Schachtfundament			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Keine			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Das Schachtfundament in den Schächten ist unterhalb des Salzspiegels im Steinsalz als Massebauwerk eingebracht. Es trägt den inneren, aus Stahlbeton bestehenden, vom äußeren Schachtausbau durch eine Bitumenschicht entkoppelten Schachtausbau. Das Gewicht dieser Säule trägt Kräfte in das Salzgebirge der Aufstandsfläche ein, das darauf mit Kriechverformungen reagiert.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Die in das Salz eingetragenen Spannungen könnten die Integrität lokal gefährden, integritätswirksame Auswirkungen auf größere Gebirgsbereiche sind jedoch nicht zu besorgen. Daher treten keine Einflüsse im Bereich der Einlagerungshohlräume auf, weder auf Strömungs- oder Diffusionsvorgänge noch auf Spannungsverhältnisse. Das FEP muss daher nicht berücksichtigt werden.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i>	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i>	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen.		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen..	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen.		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen.	
<i>Bemerkungen:</i> Keine			
<i>Literaturquellen:</i>			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.06.03	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.06	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Event		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Versagen des Schachtausbaus			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Verlust der Integrität des Schachtausbaus innerhalb seiner geplanten Lebensdauer.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input checked="" type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung		<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs	
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.06.03	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.06	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Event		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Versagen des Schachtausbaus			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> <p>Das Versagen des Schachtausbaus kann zu Lösungszutritten in die verfüllte Schachtröhre oberhalb des Schachtverschlusses führen. Das Dichtelement wird durch die Auflast des zugelaufenen Wassers mechanisch belastet und trägt diese Belastung über ein Widerlager (im Referenzkonzept eine setzungsstabile Schottersäule) ins Gebirge ab.</p> <p>Im Schacht SA II des stillgelegten Salzbergwerkes Salzdetfurth wurde im Rahmen eines Forschungsprojektes ein Verfüllkonzept umgesetzt, das Erkenntnisse für die Planung und Errichtung künftiger Schachtverschlüsse für Untertagedeponien speziell im Salinar, für Salzbergwerke mit untertägiger Abfallverwertung sowie für trocken zu verwahrende Gruben bereit stellen soll. Das in Salzdetfurth erprobte Konzept kann für zukünftige Verschlussmaßnahmen richtungsweisend sein (<i>Breidung 2002a; Breidung 2002b</i>) und könnte für eine Verfüllung der Schächte am Referenzstandort in ähnlicher Weise in Frage kommen.</p>			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> <p>Der Schachtausbau am Referenzstandort endet im Schacht 1 bei ca. 350 m und im Schacht 2 bei 357 m unter Gelände, das heißt ca. 93 m bzw. 99 m unterhalb des Salzspiegels. Darunter steht, abgesehen von einzelnen Betonringen oder dem Maschendrahtverhang zur Stoßsicherung, das Salzgebirge offen an.</p> <p>Der Ausbau des grundwasserführenden Deckgebirgsbereichs zwischen den quartären Sedimenten (Basis: ca. -162 m/-178 m NN) und dem Salzspiegel besteht von Innen nach Außen aus Stahlbeton, gefolgt von Mantelblech, Asphalt und verfüllten Stahlringen oder Betonformsteinen mit Mörtelhinterfüllung. Etwa ab der Teufe Salzspiegel bis zur speziellen Fußkonstruktion folgt ein Ausbau mit Stahlbeton und Asphaltabdichtung.</p> <p>Sind an der Kontur des Dichtungselement Umläufigkeiten vorhanden, kann Lösung hinter bzw. durch den nicht mehr abdichtenden Schachtausbau in die mit Schotter verfüllte Schachtröhre unterhalb des Dichtelements zufließen. Dies wird im FEP 2.1.08.04 „Umläufigkeiten“ behandelt.</p> <p>Für die Einhaltung des Langzeitsicherheitsnachweises ist die Integrität des Schachtverschlusses maßgebend, nicht die Dichtheit des Schachtausbaus.</p>			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> <p>Nach einem Zulauf von ungesättigten Lösungen in den nicht ausgebauten unteren Teil der Schachtröhre werden Salze gelöst. Dies ist jedoch dem Versagen des Dichtelements zuzuordnen und wird in anderen FEPs behandelt. Das Versagen des Schachtausbaus ist nicht ausreichend für einen Verlust der Barriereigenschaften des Schachtverschlusses. Das FEP ist daher ohne Wirkung auf die Barriereigenschaften und wird nicht berücksichtigt.</p>			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> <p>Das FEP ist beschränkt auf die erforderliche Lebensdauer des Schachtausbaus.</p>			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i>	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i>	

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.06.03	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.06	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Event		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Versagen des Schachtausbaus			
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen.		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen.	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen.		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen.	
<i>Bemerkungen:</i> Dieses FEP behandelt nicht das Versagen des Schachtverschlusses. Das Versagen des Schachtverschlusses wird in den FEPs „Mechanisches Versagen eines Verschlussbauwerks“ und „Alteration von Querschnittsabdichtungen“ behandelt. Das Umströmen des Dichtelementes wird im FEP „Umläufigkeiten“ behandelt.			
<i>Literaturquellen:</i> <i>Breidung, K. P. (2002a):</i> Forschungsprojekt Schachtverschluss Salzdetfurth Schacht II, Abschlussbericht zum BMBF-Vorhaben mit dem Förderkennzeichen 02C0516, K+S AG, Kassel <i>Breidung, K. P. (2002b):</i> Verwahrung von Kali- und Steinsalzbergwerken einschließlich langzeitsicherheitlicher Betrachtungen, Kali und Steinsalz, Bd. 2: 28-39, 20 Abb., Kassel			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.07.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.07	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Konvergenz			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Unter Konvergenz wird die Querschnittsverkleinerung von untertägigen Hohlräumen verstanden, die aufgrund von Spannungsumlagerungen nach der Auffahrung im umgebenden Gebirge einsetzt.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input checked="" type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input checked="" type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Strecken- und Schachtverschlüsse, Wirtsgestein			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.07.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.07	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Konvergenz			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Auf die an der Hohlraumkontur und im angrenzenden Gebirge wirkenden Spannungen reagiert das Gestein entsprechend seinen Materialeigenschaften mit mit mehr oder weniger großen Verformungen, die bruchhaft oder bruchlos erfolgen können. Kriechen tritt bereits bei kleinen Spannungsdifferenzen auf und ist von der Temperatur und der Ausbildung des Salzes (z. B. Verunreinigungen) abhängig. Durch die Kriechfähigkeit des Steinsalzes werden Hohlräume im Wirtsgestein durch die Konvergenz geschlossen. Das gilt für versetzte und unversetzte Hohlräume gleichermaßen, wobei für unversetzte Hohlräume aufgrund des größeren Volumens längere Zeiträume erforderlich sind.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Alle untertägigen Hohlräume werden vor Schließung des Endlagers zur Stabilisierung der geologischen Barriere „Wirtsgestein“ mit Salzgrus versetzt. Durch die Konvergenz des Hohlräumens wird der Versatz kompaktiert und somit ein Stützdruck aufgebaut, der auf das Gebirge wirkt und die Konvergenz verlangsamt. Die Konvergenz des Hohlräumens wird dadurch also behindert. Durch einen Aufbau eines Stützdrucks kommt es zu Rissrückbildungs- und im Weiteren zu Rissverheilungsprozessen in der Auflockerungszone versetzter Strecken, um Bohrlöcher oder um dem Schacht. Mit fortschreitender Versatzkompaktion wird die Konvergenz nachlassen und schließlich zum Stillstand kommen.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Durch die Konvergenz wird der für die Speicherung von Fluiden verfügbare Hohlraum reduziert und gleichzeitig die Permeabilität verringert. Die Konvergenz hat daher Auswirkungen auf den Fluiddruck in Grubenbauen und damit auf die Spannungsverhältnisse im Gebirge und im Versatz, die wiederum die Konvergenz beeinflussen.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Die Konvergenz setzt mit der durch die Auffahrung von Hohlräumen bedingten Spannungsumlagerung in der Gebirgskontur ein und kann so lange andauern, bis der Stützdruck den lithostatischen Druck erreicht.			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i> Spannungsumlagerung		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Auffahrung der Grube Grubengebäude Erosion Sedimentation Permafrost Vollständige Inlandsvereisung Versatz: Eigenschaften des Materials Eigenschaften des Verschlussmaterials Alteration von Querschnittsabdichtungen Fluiddruck Nicht thermisch induzierte Volumendehnung Quellen des Bentonits	

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.07.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.07	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Konvergenz			
		Thermische Expansion und Kontraktion Auflockerungszone Deck- und Nebengebirge Thermisch bedingte Spannungsänderungen im Wirtsgestein Maritime Bedingungen	
<i>Resultierende FEPs:</i> Lokale Differentialbewegungen Versatzkompaktion		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Erkundungssohle Grubengebäude Kokillensticking Versatz: Eigenschaften des Materials Eigenschaften des Verschlussmaterials Fluiddruck Nicht thermisch induzierte Volumendehnung Rissbildung Mechanisches Versagen eines Verschluss- bauwerks Lageverschiebung des Schachtverschlusses Absinken der Abfallbehälter Porosität Umläufigkeiten Quellen des Bentonits Gasvolumen Gasspeichervolumen Auflockerungszone Klüfte im Wirtsgestein Advektion	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Wird berücksichtigt.		<i>Strecken und Schächte:</i> Wird berücksichtigt.	
<i>Wirtsgestein:</i> Wird berücksichtigt.		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen.	
<i>Bemerkungen:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.07.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.07	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Konvergenz			
<i>Literaturquellen:</i> <p><i>Lux et al. (2006):</i> Weiterentwicklung eines Prognosemodells zum Barrierenintegritäts- und Langzeitsicherheitsnachweis für Untertagedeponien mit besonderer Berücksichtigung der Gefügeschädigung und Schädigungsverheilung auf der Grundlage der Continuum-Damage-Theorie. Abschlussbericht zum BMBF-Forschungsvorhaben 02C0720. Professur für Deponietechnik und Geomechanik der TU Clausthal, Clausthal-Zellerfeld</p> <p><i>Lux et al. (2002):</i> Gutachten im Auftrag des AkEnd, „Günstige gebirgsmechanische Eigenschaften Teil A und B“ sowie „Geringe Neigung zur Bildung von Wegsamkeiten“, TU Clausthal, 2002</p> <p><i>GRS (1999):</i> Modellierung der Konvergenz von Salzgestein in LOPOS: Programm zur Berechnung der Schadstofffreisetzung aus netzwerkartigen Grubengebäuden. Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH. GRS-157, Braunschweig 1999</p>			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.07.02	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.07	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Überlagerung der Nahfeldwirkungen einzelner Grubenbaue			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Überlagerung thermischer und mechanischer Wirkungen aus dem Nahfeld einzelner Grubenbaue in den betreffenden Grubenbereichen.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input checked="" type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input checked="" type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Wirtsgestein, Strecken- und Schachtverschlüsse			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.07.02	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.07	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Überlagerung der Nahfeldwirkungen einzelner Grubenbaue			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Bei der Überlagerung der Nahfeldwirkungen einzelner Grubenbaue handelt es sich nicht um Vorgänge, die nur unter bestimmten Voraussetzungen zukünftig stattfinden werden, sondern um Abläufe, die gemäß den zugrunde liegenden physikalischen Mechanismen in jedem Fall stattfinden werden.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Durch die Auffahrung der Grubenbaue und die dadurch resultierenden Deformationen des konturnahen Gebirges wird der Spannungszustand im Gebirge verändert. Zusätzlich hat die von den eingelagerten Abfällen abgegebene thermische Energie Einfluss auf den Spannungszustand im umliegenden Gebirgsbereich. Aus der Auffahrung der Grubenbaue und dem Wärmeeintrag infolge der Einlagerung ergeben sich thermomechanische Beanspruchungen und Wirkungen auf die Gebirgsspannungen, die zur Schädigungsentwicklung führen können.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Durch eine geeignete Auslegung des Endlagers auf der Grundlage von Modellberechnungen ist die Beeinträchtigung der Barrierefunktion des Wirtsgesteins ausgeschlossen. Sofern in mechanischen und thermisch gekoppelten Modellberechnungen nicht sämtliche Grubenbaue des Endlagers einzeln modelliert werden, müssen die Wirkungen einzelner Hohlräume in Berechnungen mit Modellen repräsentativer Gebirgsausschnitte untersucht und nachgewiesen werden, dass die Konsequenzen auf den ausgewählten Gebirgsbereich abdeckend sind.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Die Änderungen des Spannungsfeldes im Bereich bergmännisch aufgefahrener und anschließend wieder versetzter Hohlräume werden mit dem Erreichen der vollen Tragfähigkeit des Versatzes oder nach der konvergenzbedingten Schließung der betreffenden Hohlräume zur Ruhe kommen. Das ist bereits nach wenigen hundert oder einigen tausend Jahren zu erwarten. Danach sind nur noch übergeordnete Gebirgsspannungen entscheidend.			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i>	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i>	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen.		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen.	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen.		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen.	

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.07.02	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.07	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Überlagerung der Nahfeldwirkungen einzelner Grubenbaue			
<i>Bemerkungen:</i> Die Auswirkungen werden im FEP „Thermisch bedingte Spannungsänderungen im Wirtsgestein“ berücksichtigt.			
<i>Literaturquellen:</i> <i>Nipp, H.-K. & Heusermann, S. (2000) : Erkundungsbergwerk Gorleben, Gebirgsmechanische Beurteilung der Integrität der Salzbarriere im Erkundungsbereiche EB1 für das technische Endlagerkonzept 1 (Bohrlochlagerung, BSK3). Ergebnisbereich – BGR, unveröffentlicht, Bericht 0120209: 45 S., 8 Tab., 92 Anlagen, Hannover</i>			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.07.03	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.07	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Fluiddruck			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Als Fluiddruck wird der Druck von Lösungen und/oder Gasen in einem Grubenbau bezeichnet.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input checked="" type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung		<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs	
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input checked="" type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Strecken- und Schachtverschlüsse, Wirtsgestein			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.07.03	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.07	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Fluiddruck			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i>			
<p>Der Fluiddruck ist der an einem bestimmten Referenzpunkt in einem Grubenbau herrschende Druck im Gas bzw. in der Lösung. Während der Fluiddruck in der gesamten Gasmenge praktisch konstant ist, nimmt der Druck in der Lösung durch das Gewicht der Flüssigkeitssäule nach unten hin zu.</p> <p>Treten Lösungen und Gase gleichzeitig in einem Grubenbau auf, so stehen sie an der Phasengrenze unter einem gemeinsamen Druck. Ab dieser Stelle erhöht sich der Druck hydrostatisch vertikal entlang der Flüssigkeitssäule.</p> <p>Im Fluiddruck ist gegebenenfalls auch eine hydrodynamische Komponente enthalten. Bei porösen Medien wirkt ein Teil des Fluiddrucks direkt auf die Körner, ein anderer Teil wirkt als Porendruck. Es ist daher ein hydrostatischer Druckanteil und ein hydrodynamischer Druckanteil zu unterscheiden. Der hydrostatische Druckanteil wirkt als statische Beanspruchung auf das Korngefüge, während der hydrodynamische Druckanteil eine Porendruckänderung hervorruft (Xie 2002; Hou 2002). Bei hydraulisch-mechanisch-gekoppelten Berechnungen wird mit effektiven Spannungen (vgl. Terzaghi) gerechnet.</p>			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i>			
<p>Bei der ungestörten Entwicklung des Endlagersystems treten nur geringe Feuchtemengen im Grubengebäude auf. Der Fluiddruck entspricht dann dem Gasdruck der eingeschlossenen Luft, er wird gegebenenfalls durch zuströmende oder gebildete Gase erhöht.</p> <p>Bei einer gestörten Entwicklung des Endlagersystems ist auch der Fluiddruck in der Flüssigkeit zu berücksichtigen. Zuflüsse in das Grubengebäude sind – je nach Szenario – beispielsweise von außen über den Schacht möglich. Bei vollständiger Lösungserfüllung besteht der Fluiddruck in der Referenzteufe aus einem hydrostatischen Druckanteil, der sich aus dem Gewicht der Flüssigkeitssäule ergibt, und gegebenenfalls einem zusätzlichen hydrodynamischen Druckanteil, der sich aus den Strömungswiderständen in den Grubenbauen und Barrieren ergibt. Unter diesen Bedingungen kann der Fluiddruck maximal dem lithostatischen Druck entsprechen.</p> <p>Wird zusätzlich Gas in einem Grubenbau gebildet, so wird der Fluiddruck durch die zusätzlichen Gasmengen und den Gaseindringdruck beeinflusst. Unter Berücksichtigung gasbildender Materialien, insbesondere Metalle, bei deren Korrosion Wasserstoffgas freigesetzt wird, können hohe, über den lithostatischen Druck hinausgehende Fluiddrücke entstehen, sofern das gebildete Gas nicht abfließen kann. Der Fluiddruck an einer Strömungsbarriere stellt einen Lastfall dar, gegen den die Barriere ausgelegt sein muss.</p>			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i>			
<p>Der Fluiddruck wirkt auf vielfältige Weise. Er wirkt als Stützdruck direkt der Gebirgskonvergenz entgegen. Erhöhte Fluiddrücke im Grubenbau führen daher zu einer Verlangsamung der Kompaktion von Versatz. Durch die Vergrößerung des Porendrucks kommt es auch zu einer Verlangsamung von Schädigungs- und Dilatanzrückbildungsprozessen. Fluiddrücke oberhalb des lithostatischen Drucks können zur Rissbildung im Wirtsgestein führen. Die Menge an Gasen und Flüssigkeiten im Grubenbau wird durch den Fluiddruck beeinflusst.</p>			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i>			
keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.07.03	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.07	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Fluiddruck			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Versatzkompaktion, Nicht thermisch induzierte Volumenänderung, Mechanisches Versagen eines Verschlussbauwerkes, Lösungen im Grubenbau, Durchströmen von Versatz und technischen Barrieren, Lösungszutritt in Grubenbaue, Geochemisches Milieu im Grubengebäude, thermische Expansion und Kontraktion, Verdampfen von Wasser, Gasmenge im Grubenbau, Gasvolumen, Imprägnierung	
<i>Resultierende FEPs:</i> Spannungsumlagerung		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Versatzkompaktion, Lageverschiebung des Schachtverschlusses, Durchströmen von Versatz und technischen Barrieren, Lösungszutritt in Grubenbaue, Quellen des Bentonits, Geochemisches Milieu im Grubengebäude, Auflösung und Ausfällung, Metallkorrosion, Matrixkorrosion, Zersetzung von Organika, Mikrobielle Prozesse im Grubengebäude, Verdampfen von Wasser, Gasvolumen, Gasfreisetzung aus Grubenbau, Radionuklid-Mobilisierung, Chemische Speziation, Sorption, Kolloide, Komplexbildung, Advektion, Konvektion, Diffusion, Matrixdiffusion,	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Wird berücksichtigt		<i>Strecken und Schächte:</i> Wird berücksichtigt	
<i>Wirtsgestein:</i> Wird berücksichtigt		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Bemerkungen:</i> keine			
<i>Literaturquellen:</i> <i>Hou, Z. (2002):</i> Geomechanische Planungskonzepte für untertägige Tragwerke mit besonderer Berücksichtigung von Gefügeschädigung, Verheilung und hydromechanischer Kopplung, Habilitation an der TU Clausthal.			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.07.03	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.07	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Fluiddruck			
<p><i>Xie, Z., (2002):</i> Rechnerische Untersuchungen zum mechanische und hydraulischen Verhalten von Abdichtungsbauwerken in Untertagedeponien im Fall eines Lösungszutritts, Dissertation an der TU Clausthal.</p> <p><i>Schulze, O. (2002):</i> Auswirkung der Gasentwicklung auf die Integrität geringdurchlässiger Barrieregesteine.-- BGR, unveröffentl. Ber.: 142 S., 27 Abb., 4 Tab., Anh. A-G; Hannover.</p>			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.07.04	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.07	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Versatzkompaktion			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> In Strecken eingebrachter Versatz wird durch die fortschreitende Hohlraumkonvergenz kompaktiert, wobei sich im Versatzkörper ein Stützdruck aufbaut, der die weitere Versatzkompaktion verlangsamt.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input checked="" type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.07.04	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.07	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Versatzkompaktion			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i>			
<p>Die Versatzkompaktion ist von den herrschenden Drücken, der Temperatur, Zuschlagstoffen, der Körnung des Lockermaterials und Verfügbarkeit von Feuchte abhängig (<i>Stührenberg & Zhang, 1998</i>). Bei der Kompaktion unter Eigengewicht und den dann auftretenden Sackungen kann an der Firste, teilweise auch an den Stößen des Hohlraumes ein Spalt entstehen. Dieser kann minimiert werden, indem der Versatz mit hoher Einbaudichte, z.B. durch mechanische Verdichtung, eingebracht wird.</p> <p>Beispiele aus dem Salzgewinnungsbergbau zeigen, dass die Kompaktion relativ rasch erfolgen kann, indem Strecken innerhalb von Zehnerjahren verschlossen wurden. Die Durchlässigkeit des Versatzes wird dabei allerdings nicht soweit reduziert, dass dessen Durchlässigkeit kleiner als 10^{-21} m^2 wird und somit die Werte des Salzgebirges erreicht. Die Werte liegen anfänglich um einige Größenordnungen höher und werden erst mit wachsender Zeit sich den Gebirgswerten annähern. Das Kompaktionsverhalten von Salzgrus ist noch weiter zu untersuchen.</p> <p>Zur Modellierung der Versatzkompaktion sind geeignete Kompaktionsstoffmodelle in den Berechnungen zum Langzeitsicherheitsnachweis anzuwenden, z.B. (<i>Hein, 1991, Stührenberg & Zhang, 1998</i>).</p> <p>Bei immer stärker werdender Stützwirkung auf das Gebirge verlangsamt sich die Kompaktion des Salzgrusversatzes. Daher ist im Grundsatz denkbar, dass sich ein Gleichgewichtszustand einstellt, in dem keine weitere Versatzkompaktion mehr erfolgt, weil die Gebirgskontur ausreichend vom Versatz gestützt wird.</p>			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i>			
<p>Am Ende der Nutzung von Hohlräumen eines Endlagerbergwerkes wird zur Hohlraumminimierung, Stützung von Hohlräumen und evtl. zur Rückhaltung von Radionukliden Versatz in die Strecken als lockeres Material eingebracht. Dies wird i. W. Salzgrus, evtl. ergänzt durch andere Materialien (z. B. Bentonit) sein. Salzgrus wird meist aus der Auffahrung der Grube gewonnen und ist kein gebirgsfremdes Material. Die anfängliche Porosität eines trockenen Versatzes liegt bei Werten von etwa 35 %. Unter der Einwirkung von Kräften (Eigengewicht oder Gebirgsdruck durch Konvergenz) wird der Versatz zusammengedrückt und kompaktiert. Dabei setzt er den äußeren Kräften einen Widerstand entgegen, der mit zunehmender Kompaktion ansteigt. Gleichzeitig wird der Porenraum im Versatz vermindert. Bei weitgehender Kompaktion geht das Kompaktionsverhalten von Salzgrus in Salzkriechen über, das die Verringerung des Porenvolumens fortsetzt solange eine Spannungsdifferenz vorhanden ist.</p>			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i>			
<p>Durch Konvergenzprozesse kriecht das Gebirge auf den Salzgrusversatz auf und verdichtet ihn. Durch die Stützwirkung des verdichteten Salzgrusversatzes auf die Hohlraumkontur kommt es zu einer Schädigungs- und Dilatanzrückbildung in der Auflockerungszone der Gebirgskontur. Die Versatzkompaktion bewirkt eine Verminderung der Porosität im Versatz. Die Verringerung des Porenraums bewirkt ein Auspressen ggf. vorhandener Flüssigkeiten und Gase. Bei weit fortgeschrittener Versatzkompaktion nähern sich die Eigenschaften des Salzgrus denjenigen des Salzgebirges an. Dadurch entsteht im Laufe der Zeit eine zusätzliche Barriere gegen eine Ausbreitung von Radionukliden. Andererseits können sich bildendes Korrosionsgas und in den Strecken eingeschlossenes Gas nicht mehr abfließen und einen Gasdruck aufbauen, der die weitere Kompaktion behindert.</p>			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.07.04	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.07	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Versatzkompaktion			
Eine langsame Versatzkompaktion geht einher mit einer für längere Zeiträume erhöhten Durchlässigkeit. Dadurch können Korrosionsgase abfließen und ein Gasdruckaufbau im Versatz vermieden werden. In den Wegsamkeiten für eine Ableitung von Gasen aus dem Nahbereich der Abfälle können sich bei Vorhandensein auch Lösungen bewegen.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Die Kompaktion und damit Reduktion der Porosität erfolgt in einigen hundert oder tausend Jahren bei einem planmäßigen Verlauf. Ist jedoch ein nennenswerter Druckaufbau z. B. durch Korrosionsgase zu unterstellen, verzögert sich der Ablauf der Kompaktion deutlich. Bei Laugenzuflüssen füllen sich die Porenräume mit Lösung, was eine Kompaktion des Versatzes verzögert.			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i> Konvergenz		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Versatz: Eigenschaften des Materials Thermische Expansion und Kontraktion Auflockerungszone Spannungsumlagerung	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Versatz: Eigenschaften des Materials Porosität Kanalisation Spannungsumlagerung	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Wird berücksichtigt.		<i>Strecken und Schächte:</i> Wird berücksichtigt.	
<i>Wirtsgestein:</i> Wird berücksichtigt.		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigten.	
<i>Bemerkungen:</i> Keine			
<i>Literaturquellen:</i> <i>Stührenberg, D. & Zhang, C. (1998):</i> Kompaktion und Permeabilität von Salzgrus, Projekt Gorleben. Endbericht zum AP 9G 21382100. – BGR, unveröffentl. Ber., 116922: 154 S., 75 Abb., Hannover. <i>Hein, H.-J. (1991):</i> Ein Stoffgesetz zur Beschreibung des thermomechanischen Verhaltens von Salzgranulat, Dissertation an der RWTH Aachen <i>GRS (2001):</i> Experimental Investigations on the Backfill Behaviour in Disposal Drifts in Rock Salt (VVS-Project). Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH. GRS-173, Braunschweig 2001			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.07.04	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.07	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Versatzkompaktion			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Das Kompaktionsverhalten von Salzgrus für kleine Porositäten			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.07.05	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.07	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Nicht thermisch induzierte Volumenänderung von Materialien			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Volumenänderungen entstehen bei Behältermaterialien durch Korrosion. Grundsätzlich können auch bei Versatz und bei Barrierematerialien oder anstehenden Gesteinen Volumenänderungen durch Austrocknung bzw. Durchfeuchtung auftreten.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input checked="" type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung		<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs	
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input checked="" type="checkbox"/> indirekt <input type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.07.05	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.07	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Nicht thermisch induzierte Volumenänderung von Materialien			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Hinsichtlich der Volumenänderung durch Temperatur wird auf das FEP „Thermische Expansion und Kontraktion“ verwiesen.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Durch Korrosion wandeln sich die Metalle der Behältermaterialien der Endlagergebäude um, wobei Oxide mit einem größeren Volumen entstehen (siehe FEP „Metallkorrosion“). Am Referenzstandort ist nach heutigen Planungen als Versatz ausschließlich Salzgrus vorgesehen. Als Barrierematerialien kommen Bentonit, Magnesiabinder, Salzbeton, Baustoffgruppen aus Salzmineralien, Steinsalz-Anhydrit-Baustoffe, Schotter, Bitumen und Asphalt in Betracht, siehe <i>ISIBEL (2007)</i> . Da diese Materialien nicht oder nur begrenzt quellfähig sind, ist bei Austrocknung sowie bei Durchfeuchtung nur mit geringen Volumenänderungen zu rechnen.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Die Volumenänderungen der Materialien beeinflussen die Hohlraumvolumina und damit die Volumina der Fluide und der Grubenbaue. Die Volumenänderungen können bei entsprechender Einspannung den Spannungszustand beeinflussen und ggf. zu Rissbildung führen.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i> Quellen des Bentonits Metallkorrosion Matrixkorrosion		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Inventar: Organika Eigenschaften der Behälter Eigenschaften des Verschlussmaterials Konvergenz Geochemisches Milieu im Grubengebäude	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Alteration von Querschnittsabdichtungen Konvergenz Fluiddruck Rissbildung Porosität Spannungsumlagerung	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Wird berücksichtigt.		<i>Strecken und Schächte:</i> Wird berücksichtigt.	

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.07.05	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.07	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Nicht thermisch induzierte Volumenänderung von Materialien			
<i>Wirtsgestein:</i> Wird berücksichtigt.		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen.	
<i>Bemerkungen:</i> Keine			
<i>Literaturquellen:</i> <i>ISIBEL (2007):</i> ISIBEL Abschlussbericht „Überprüfung und Bewertung des Instrumentariums für eine sicherheitliche Bewertung von Endlagern für HAW“, Aufgabenpaket AP 1.2 Konzeptionelle Endlagerplanung			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Ermittlung der Volumenänderung der Behältermaterialien durch Korrosion. Ermittlung der Volumenänderung der Versatz- und Barrierematerialien sowie anstehenden Gesteine durch Austrocknung und Durchfeuchtung.			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.07.06	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.07	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Rissbildung			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Die Rissbildung ist ein Prozess, der nach einer Beanspruchung oberhalb der Schädigungsgrenze in Feststoffen erst zu mikroskopischen und im weiteren Verlauf auch zu makroskopischen Fissuren im Feststoffgefüge führt.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input checked="" type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input checked="" type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Wirtsgestein, Strecken- und Schachtverschlüsse			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.07.06	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.07	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Rissbildung			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i>			
<p>Die Rissbildung in Feststoffen kann zu vernetzten Wegsamkeiten und damit zu einer Vergrößerung der Permeabilität führen und verändert somit die Eigenschaften des Materials. Die Rissbildung als Prozess ist von der Auflockerungszone abzugrenzen. Eine Auflockerungszone bildet sich bei Beanspruchungen oberhalb der Dilatanzgrenze in Grubenbauen, wobei ebenfalls Rissbildung stattfindet. Der Begriff Auflockerungszone (engl. Excavation Damaged Zone) ist aber auf bergbaulich aufgefahrene untertägige Grubenbaue bezogen, während die Rissbildung ein Prozess ist, der in allen Materialien vorkommt. In dem hier betrachteten Umfeld ist es mitunter schwer, die Begriffe Rissbildung und Auflockerungszone zu trennen.</p> <p>Das Wirtsgestein sowie Schacht- und Streckenverschlüsse können auf thermische und mechanische Belastungen in unterschiedlicher Weise durch Verformungen reagieren. Neben rissfreien elastischen Verformungen können, bevorzugt bei großen deviatorischen Spannungen, dilatante Deformationen auftreten, die mit der Bildung von Rissen verbunden sind. Risse bilden sich im jeweiligen Material zunächst als voneinander isolierte Mikrorisse, bevor sie sich bei fortschreitender Deformation zu vernetzen und im weiteren Verlauf auch makroskopischen Rissen verbinden. In kriechfähigen Gesteinen wie Steinsalz können große Deformationen ohne Ausbildung von Rissen durch Kriechverformungen ablaufen. Große deviatorische Spannungen können beispielsweise an der Begrenzung untertägiger Hohlräume auftreten, da hier die senkrecht zur Hohlraumwand wirkende Radialspannung Null und die Tangentialspannung durch Spannungskonzentration erhöht ist. Dadurch können sich im Nahbereich um untertägige Hohlräume zuerst Auflockerungszonen oder sogar bruchhafte Abschaltungen bilden. Untertägige Hohlraumssysteme sollten so angelegt werden, dass die zwischen den Hohlräumen liegenden Pfeiler und Schweben nicht so stark belastet werden, dass sie risshaft deformieren. Durch eine ausreichende Dimensionierung dieser Tragelemente kann in Teufen kleiner als 1000 m die Auflockerungszone von salinarem Gebirge auf einen Bereich von einigen Dezimetern bis Metern um die Hohlräume herum begrenzt werden. Durch thermische Belastungen in einem Endlager können aber auch weiter entfernte Gebirgsbereiche von Rissbildungsprozessen betroffen sein (<i>NIPP et al. 2000</i>). In den Materialien von Schacht- und Streckenverschlüssen gebildete Risse können sich nur dann wieder verheilen, wenn das Material quellfähig (z.B. Bentonit) ist bzw. in Rissen eine Sekundärmineralisation stattfinden kann. Durch die Hohlraumkonvergenz auf das damit verbundene Auflaufen des Gebirges auf den Versatz bzw. Schacht- und Streckenverschlüsse können sich Risse formschlüssig schließen. Eine Wiederherstellung der mechanischen und möglicherweise auch hydraulischen Eigenschaften kann dabei nicht vorausgesetzt werden. Kann von einer Verschließung gebildeter Risse kein Kredit genommen werden, so ist in der Auslegung des jeweiligen Schacht- und Streckenverschlusses ein Nachweis über eine Rissbeschränkung für den jeweiligen Beanspruchungszustand zu führen.</p>			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i>			
<p>Grubenbereiche mit Einlagerungsbohrlöchern, Einlagerungsstrecken, Verbindungsstrecken und Erkundungsstrecken sowie Bereiche von Streckenkreuzen und Streckenabzweigungen mit den darin befindlichen Schacht- und Streckenverschlüssen sind mechanisch besonders beansprucht und können von Rissbildungen betroffen sein. Drückanstiege in Hohlräumen oder Porenräumen im Salz können zur Rissbildung im Wirtsgestein und in Schacht- und Streckenverschlüssen bzw. zu einer erneuten Öffnung bereits verschlossener Risse führen. Am</p>			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.07.06	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.07	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Rissbildung			
Salzspiegel können infolge des Wärmeeintrags Zugspannungen entstehen, die zur Rissbildung beitragen können.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Durch Risse im Gebirge und in Schacht- und Streckenverschlüssen können Lösungen zutreten und wieder abfließen. Durch miteinander verbundene Rissysteme können Lösungen über große Entfernungen transportiert werden. Risse kommen auch als Ausbreitungspfade für Korrosionsgase und andere Gase in Frage.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Rissbildung im Wirtsgestein führt zu einer Auflockerungszone, die sich in genügend großer Tiefe bei jeder Hohlraumerstellung entwickelt. Die Rissbildung selbst ist im Salzgestein beschränkt etwa auf die ersten 1000 Jahre, da sich anschließend durch die Stabilisierung des Grubengebäudes durch Versatz Rissbildungsprozesse in den genannten Grubenbereichen zum Erliegen kommen. Offene Risse bleiben aber bestehen, sofern sie nicht durch Rissrückbildungs- und Verheilungsprozesse geschlossen werden. Gleiches gilt im Prinzip auch für Schacht- und Streckenverschlüsse. Im Salz ist eine Schließung der Risse bis hin zu einer Verheilung möglich, wenn die Risse zugeedrückt werden und durch Kornumbildungen wieder ein intaktes Mineralgefüge entsteht oder Salze in ihnen auskristallisieren. Durch die Einbringung von Versatz und unter der Wirkung der Konvergenz wird auf die Hohlraumkontur ein Stützdruck aufgebaut, der diese Schließung bewirkt. Je nach Schädigungsgrad, Spannungsentwicklung und Größe der Auflockerungszone ist von einem Zeitraum von einigen hundert oder mehreren tausend Jahren auszugehen, in dem hohlraumbedingte Risse nach Verfüllung des Hohlraums hydraulisch wirksam sind.			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Permafrost Eigenschaften des Verschlussmaterials Alteration von Querschnittsabdichtungen Fehlerhafte Erstellung eines Verschlussbauwerks Konvergenz Nicht thermisch induzierte Volumenänderung Mechanisches Versagen eines Verschlussbauwerks Lageverschiebung des Schachtverschlusses Thermische Expansion und Kontraktion Auflockerungszone Spannungsumlagerung Thermisch bedingte Spannungsänderungen im Wirtsgestein	
<i>Resultierende FEPs:</i> Auflockerungszone		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Wegsamkeiten in Erkundungsbohrungen Mechanisches Versagen eines Verschluss-	

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.07.06	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.07	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Rissbildung			
		bauwerks Lageverschiebung des Schachtverschlusses Porosität Permeabilität Umläufigkeiten Kanalisierung Durchströmen von Versatz und technischen Barrieren Gasfreisetzung aus Grubenbauen Advektion Konvektion Diffusion Matrixdiffusion Mechanische Dispersion	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen.		<i>Strecken und Schächte:</i> Wird berücksichtigt.	
<i>Wirtsgestein:</i> Wird berücksichtigt.		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen.	
<i>Bemerkungen:</i> Keine			
<i>Literaturquellen:</i> <p><i>NIPP, H.-K. & HEUSERMANN, S. (2000):</i> Erkundungsbergwerk Gorleben, Gebirgsmechanische Beurteilung der Integrität der Salzbarriere im Erkundungsbereich EB1 für das technische Endlagerkonzept 1 (Bohrlochlagerung, BSK3). Ergebnisbericht.-- BGR, unveröffentl. Ber., 0120209: 45 S., 8 Tab., 92 Anl.; Hannover</p> <p><i>Lux et al. (2006):</i> Weiterentwicklung eines Prognosemodells zum Barrierenintegritäts- und Langzeitsicherheitsnachweis für Untertagedeponien mit besonderer Berücksichtigung der Gefügeschädigung und Schädigungsverheilung auf der Grundlage der Continuum-Damage-Theorie. Abschlussbericht zum BMBF-Forschungsvorhaben 02C0720. Professur für Deponietechnik und Geomechanik der TU Clausthal, Clausthal-Zellerfeld</p> <p><i>Lux et al. (2002):</i> Gutachten im Auftrag des AkEnd, „Günstige gebirgsmechanische Eigenschaften Teil A und B“ sowie „Geringe Neigung zur Bildung von Wegsamkeiten“, TU Clausthal, 2002</p>			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Verbesserung der Beschreibung von Rissbildungsprozessen und Modellierung mit mathematischen Modellen sowie deren Anwendung für den Nachweis zum Abbau von Konservativitäten. Rissschließung und Rissverheilung			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.07.07	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.07	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Versagen eines Schacht- und Streckenverschlusses			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Das FEP beschreibt das Versagen eines Schacht- und Streckenverschlusses durch äußere Einwirkungen mit dem mindestens teilweisen Verlust der Barrierenintegrität innerhalb der geplanten Lebensdauer.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input checked="" type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input checked="" type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Strecken- bzw. Schachtverschluss			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.07.07	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.07	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Versagen eines Schacht- und Streckenverschlusses			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i>			
<p>Die äußeren Einwirkungen auf die Schacht- und Streckenverschlüsse sind in ihrer Anzahl und zahlenmäßigen Größe zu charakterisieren.</p> <p>Alterungsprozesse von Materialien werden hier nicht betrachtet, da die Materialien entweder so gewählt worden sind, dass sie unter den möglichen Bedingungen im Endlager langfristig stabil sind, dass „gealterte“ (z.B. durch ionisierende Strahlung versprödete) Materialien immer noch ausreichende Eigenschaften aufweisen oder dass durch geometrische Überdimensionierung bewusst Alterungsprozesse sowie Materialabtrag berücksichtigt werden, die zu keiner Zeit innerhalb der Lebensdauer eine Herabsetzung der auslegungsrelevanten Materialeigenschaften bzw. erforderlichen Bauteilabmessungen herbeiführen.</p>			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i>			
<p>Am Referenzstandort sind Schacht- und Streckenverschlüsse geplant und werden gegen die mechanischen Einwirkungen ausgelegt:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Streckenverschlüsse: Abdichtungsbauwerke in Strecken sind geotechnische Barrieren, die aus Widerlager und Dichtelement oder als Kombinationsbauwerk aus beidem ausgebildet sind, so dass Abdichtung und Lastabtrag von einem Bauteil übernommen werden. Bei unterschiedlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten der Materialien des Abdichtungsbauwerks und des Gebirges muss zusätzlich thermischer Zwang berücksichtigt werden. Mechanische Einwirkungen sind thermischer Zwang, Gebirgsdruck und Fluiddruck. Werden quellfähige Baustoffe verwendet, sind die Quelldrücke ebenfalls zu berücksichtigen. Die Streckenverschlüsse müssen so bemessen werden, dass der Gebirgsdruck aus der Hohlraumkonvergenz aufgenommen werden kann und der daraus resultierende Stützdruck oder/und der Quelldruck bei quellenden Baustoffen in der Kontaktzone und in der Auflockerungszone zwischen Abdichtungsbauwerk und Gebirge dort zu einer dauerhaften Schädigungs- und Dilatanzrückbildung führt. Bei einwirkendem Fluiddruck aus Zuflüssen in die Strecken dürfen die verschlossenen Wegsamkeiten der Kontaktzone und der Auflockerungszone nicht aufreißen, da es sonst zu einer Umströmung des Streckenverschlusses kommt und damit die Barrierenfunktion verloren geht. • Schachtverschluss: Setzungen müssen weitgehend verhindert werden, damit es zwischen Dichtelement und Gebirge nicht zu Abrissen und damit zu Umläufigkeiten in der Kontaktzone kommt. Beim Einbau von Dichtelementen im Schachtverschluss können Fehler in der Ausführung zu Piping-Effekten führen, die zu einem Verlust der Dichtwirkung führen. <p>Alle auf die Bauwerke einwirkenden Beanspruchungen sowie die Alterungsprozesse der Baustoffe werden soweit bekannt in der Dimensionierung berücksichtigt. Ein Versagen von Schacht- und Streckenverschlüssen ist daher wenig wahrscheinlich, kann jedoch nicht ausgeschlossen werden.</p>			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i>			
Das Versagen führt zum Verlust der Funktionsfähigkeit des betroffenen Schacht- oder Streckenverschlusses.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i>			
Das mechanische Versagen ist nur in der geplanten Lebensdauer des Schacht- oder Streckenverschlusses relevant.			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.07.07	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.07	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Versagen eines Schacht- und Streckenverschlusses			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Diapirismus Eigenschaften des Verschlussmaterials Alteration von Querschnittsabdichtungen Fehlerhafte Erstellung eines Verschlussbauwerks Konvergenz Rissbildung Lageverschiebung des Schachtverschlusses Quellen des Bentonits Auflockerungszone Spannungsumlagerung	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Fluiddruck Rissbildung Durchströmen von Versatz und technischen Barrieren Spannungsumlagerung	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen.		<i>Strecken und Schächte:</i> Wird berücksichtigt.	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen.		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen.	
<i>Bemerkungen:</i> Keine			
<i>Literaturquellen:</i> <i>Lux et al. (2006):</i> Weiterentwicklung eines Prognosemodells zum Barrierenintegritäts- und Langzeitsicherheitsnachweis für Untertagedeponien mit besonderer Berücksichtigung der Gefügeschädigung und Schädigungsverheilung auf der Grundlage der Continuum-Damage-Theorie. Abschlussbericht zum BMBF-Forschungsvorhaben 02C0720. Professor für Deponietechnik und Geomechanik der TU Clausthal, Clausthal-Zellerfeld <i>Müller-Hoeppe, N.; Mauke, R.; Wollrath, J. (2002):</i> Closure Concept for the Morsleben LLW Repository for Radioactive Waste, Design of the Drift Seals in a former Salt Mine; Engineered Barrier Systems (EBS) in the Context of the Entire Safety Case; Workshop Proceedings, Oxford, UK, 2002 <i>Müller-Hoeppe, N.; Mauke, R.; Wollrath, J. (2003):</i> Repository Seal Requirements and Design, EBS-Design Requirements and Constraints, Workshop, Turku, Finland, 2003			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i>			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.07.07	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.07	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Versagen eines Schacht- und Streckenverschlusses			
Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.07.08	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.07	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Lageverschiebung des Schachtverschlusses			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Der Dichtelement im Schachtverschluss verändert seine Lage dann, wenn die Beanspruchung im Gründungsbauwerk durch das Dichtelement und dessen Lasten größer ist, als der Widerstand der Gründung gegen Lageänderung, so dass es als Folge zu Setzungen im Gründungsbauwerk zur Verschiebung des Dichtelements in Verbindung mit Abrissen von der Kontur kommen kann.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input checked="" type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input checked="" type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Schachtverschluss			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.07.08	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.07	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Lageverschiebung des Schachtverschlusses			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> <p>Der Schachtverschluss ist ein Bauwerk, welches aus mehreren Einzelteilen besteht. Er besteht aus einer setzungsstabilen Schottersäule, auf die eins oder mehrere Dichtelemente aufgebaut werden, ggf. einem oberen Widerlager, einer oberen Verfüllsäule und einem Schachtdeckel als Abschluss zur Erdoberfläche.</p> <p>Damit die Dichtelemente als Dichtungen wirksam sein können, dürfen sie bei angreifendem Fluiddruck von oben oder von unten nicht in ihrer Lage verschoben werden, da ansonsten Abrisse von der umliegenden Gebirgskontur und damit Umläufigkeiten zu besorgen wären. Der Aufbau der Dichtelemente auf eine setzungsstabile Schottersäule gewährleistet deren Lagestabilität in der Schachtröhre bei angreifendem Fluiddruck von oben. Die Schottersäule trägt auch das Eigengewicht der Dichtelemente ab. Beim Auspressen von Fluiden aus dem Grubengebäude entsteht ein Fluiddruck von unten, so dass Widerlager in der Schachtröhre erforderlich sind, die den von unten angreifenden Fluiddruck aufnehmen und ins Gebirge abtragen, so dass die Dichtelemente in ihrer Lage stabil bleiben.</p> <p>Ein durchgeführtes Forschungsvorhaben am Schacht Salzdettfurth hat gezeigt, dass Schottersäulen als Fundament für Dichtelemente in Schachtverschlüssen langfristig setzungsstabil sein können und für diese Aufgabe geeignet sind (K + S, 2002).</p>			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> <p>Am Referenzstandort ist für den Schachtverschluss eine setzungsstabile Schottersäule vorgesehen, auf die das Dichtelement aufgebaut wird. Bei entsprechender Ausführung der Schottersäule ist die Lagestabilität des Schachtverschlusses für von oben zulaufende Fluide gewährleistet.</p>			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> <p>Wenn es zu stärkeren Lageabweichungen der Dichtelemente aufgrund mangelnder Lagestabilität kommt, können lokale Abrisse an der Hohlraumkontur zu Umläufigkeiten und damit zu lokalen Fließwegen führen, so dass die Barrierenwirkung der Dichtelemente teilweise oder ganz verloren geht.</p>			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> <p>Das FEP ist zeitlich nicht beschränkt. Der Schachtverschluss muss über die gesamte geplante Lebensdauer lagestabil sein, was durch eine entsprechende Auslegung der Gründungsbauwerke (z.B. die setzungsstabile Schottersäule) erreicht wird.</p>			
<i>Abhängigkeiten:</i>			
<i>Auslösende FEPs:</i> Diapirismus		<i>Beeinflussende FEPs:</i> 2.1.05.02, 2.1.05.04, 2.1.07.01, 2.1.07.03 2.1.07.06, 2.1.08.08, 2.2.02.01	

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.07.08	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.07	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Lageverschiebung des Schachtverschlusses			
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Rissbildung Mechanisches Versagen eines Verschlussbauwerks Durchströmen von Versatz und technischen Barrieren	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen.		<i>Strecken und Schächte:</i> Wird berücksichtigt.	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen.		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen.	
<i>Bemerkungen:</i> Keine			
<i>Literaturquellen:</i> K + S (2002): Forschungsprojekt Schachtverschluss Salzdetfurth, Schacht II, BMBF-Forschungsvorhaben 02C0516, K + S AG, Kassel			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.07.09	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.07	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Absinken der Abfallbehälter			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Bei der Einlagerung radioaktiver Abfälle ist ein Absinken der Abfallbehälter aufgrund ihrer größeren Wichte gegenüber der des umgebenden Steinsalzes und dessen Fließfähigkeit nicht auszuschließen.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input checked="" type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input checked="" type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Wirtsgestein			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.07.09	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.07	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Absinken der Abfallbehälter			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Die Lage der eingebrachten Abfallgebinde ist durch die Anordnung der Einlagerungshohlräume festgelegt. <i>Dawson, Tillerson (1978:22 cit in NEA/OECD 1998: PFEP-Nr. W 2.033; NEA/OECD 2000)</i> kommen für die WIPP-Site in den USA zu dem Schluß, dass die Dichteunterschiede zwischen Steinsalz und Abfallgebinde nicht so groß sind, dass dadurch langfristig eine nennenswerte Verlagerung der Abfallgebinde stattfindet. Damit ein Abfallbehälter im Steinsalz einsinken kann, spielen seine Form und der Dichteunterschied zum Steinsalz sowie die von der Temperatur und Feuchte abhängige Kriechfähigkeit des Salzes eine Rolle.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Ob über einen Nachweiszeitraum von einer Million Jahren eine Lageänderung von Abfallbehältern möglich ist, muss durch Prozessmodellierungen geklärt werden.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Die Auswirkungen beschreibt das FEP „Feststoffgebundener Radionuklidtransport“.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Das FEP ist relevant in der thermischen Phase und verliert später an Bedeutung.			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Einlagerungsgeometrie Eigenschaften der Behälter Konvergenz Wirtsgestein Spannungsumlagerung	
<i>Resultierende FEPs:</i> Feststoffgebundener Radionuklidtransport		<i>Beeinflusste FEPs:</i>	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Wird berücksichtigt.		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen.	
<i>Wirtsgestein:</i> Wird berücksichtigt.		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen.	
<i>Bemerkungen:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.07.09	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.07	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Absinken der Abfallbehälter			
<i>Literaturquellen:</i> <p><i>Dawson & Tillerson (1978):</i> Nuclear waste canister thermally induced motion.-- Cit. in: NEA/OECD (1998).-- Sandia National Laboratories, SAND 78-0566: 22 S.; Albuquerque/New Mexico/USA.</p> <p><i>NEA/OECD (1998):</i> Safety Assessment of Radioactive Waste Repositories. An International Data-base of Features, Events and Processes.-- NEA working group report, Vers. 1.0: 86 S.; Paris.</p> <p><i>NEA/OECD (2000):</i> 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.</p>			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Abschätzung möglicher Absinkraten			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.08.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.08	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Porosität			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Die Porosität ist definiert durch das Verhältnis von Hohlraumvolumen zu gesamtem geometrischen (Außen-) Volumen.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input checked="" type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.08.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.08	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Porosität			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i>			
<p>Die Porosität ist zu unterscheiden von der Porenzahl, die das Verhältnis des Hohlraumvolumens zum Feststoffvolumen angibt.</p> <p>Entscheidend für den Stofftransport durch ein poröses Medium ist die effektive Porosität, die von dem durchgängigen, vernetzten Porensystem innerhalb des Mediums gebildet wird. Die effektive Porosität wird auch als durchflusswirksame Porosität bezeichnet. Neben der effektiven Porosität gibt es immer einen Porenanteil, der nicht an das Porensystem angeschlossen ist; dieser Anteil ist abhängig von der Struktur des Mediums. Die effektive Porosität ist somit kleiner oder gleich der Gesamtporosität. Für Strömungs- und Transportprozesse ist die effektive Porosität relevant, für Kompaktionsvorgänge muss die gesamte Porosität berücksichtigt werden.</p>			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i>			
<p>Es wird zwischen den Porositäten der unterschiedlichen Verfüllungen der Grubenbaue und der geologischen Formationen des Endlagersystems unterschieden: Durch die Konvergenz des Salzgesteins nimmt der Hohlraumanteil der Verfüllungen in den Grubengebäuden bereits stetig ab, während sich die Porositäten im Deckgebirge erst in geologischen Zeiträumen ändern können.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Verschlüsse aus vorkompaktierten Salzgrus oder ähnlich kompaktierbarem Material verhalten sich wie Salzgrus-Verfüllungen. Sie werden durch Gebirgskonvergenz kompaktiert. Verschlüsse aus nicht kompaktierbarem Material (z.B. Schachtverschluss) behalten ihre Porosität über lange Zeiten. - Offene Hohl- und Porenräume im Abfall werden gebindespezifisch zu einer mittleren effektiven Porosität zusammengefasst. Die Feststoffe des Abfalls, d.h. Glas, Metalle und die Brennstoffmatrix, sind nicht kompaktierbar. Eine Reduktion des Hohlraumes ist durch Eindringen von Salzgestein oder Salzgrus in die offenen Hohlräume möglich. - Die Anfangsporositäten im eingebrachten Versatz liegen in Abhängigkeit vom Versatzverfahren bei ca. 0,3 -0,4. - Im Wirtsgestein (Hauptsalz) sind keine effektiven Porositäten außerhalb Gas- und Lösungsvorkommen zu erwarten (ISIBEL 2007). - Das Verhalten der Auflockerungszone ist im FEP „Auflockerungszone“ beschrieben. - Im Deckgebirge variieren die effektiven Porositäten je nach geologischer Einheit beträchtlich (FEP „Geosphäre: Eigenschaften der Transportpfade“). 			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i>			
<p>Bei den nicht kompaktierbaren Materialien (z.B. Schottersäulen von Schachtverschlüssen, Streckenabdichtungen) ändert sich die Porosität zeitlich nicht. Bei den kompaktierbaren Abfällen, den Verschlüssen und dem Versatz ändert sich die Porosität durch Kompaktion auf Grund der Gebirgskonvergenz und hat somit Einfluss auf die Lösungs- und Gasvolumina im Endlagersystem.</p> <p>Die Porosität ist mit der Permeabilität verknüpft, so dass die Porosität indirekt auf Strömungsprozesse einwirkt (Müller-Lyda et al. 1999).</p>			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i>			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.08.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.08	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Porosität			
keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Kokillensticking, Permafrost, Alteration von Querschnittsabdichtungen, Fehlerhafte Erstellung eines Verschlussbauwerks, Konvergenz, Versatzkompaktion, Nicht thermisch induzierte Volumenänderung, Rissbildung, Umläufigkeiten, Kanalisierung, Quellen des Bentonits, Auflösung und Ausfällung, Auflockerungszone	
<i>Resultierende FEPs:</i> Mechanische Dispersion		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Permeabilität, Lösungszutritt in Grubenbaue, Gasspeichervolumen, Gaseindringdruck, Diffusion, Matrixdiffusion	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Wird berücksichtigt		<i>Strecken und Schächte:</i> Wird berücksichtigt	
<i>Wirtsgestein:</i> Wird berücksichtigt		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Wird berücksichtigt	
<i>Bemerkungen:</i> keine			
<i>Literaturquellen:</i> <i>ISIBEL (2007):</i> ISIBEL Abschlussbericht „Überprüfung und Bewertung des Instrumentariums für eine sicherheitliche Bewertung von Endlagern für HAW“, Aufgabenpaket AP 1.1 Geologisches Standortmodell. <i>Müller-Lyda, I.; Birthler, H.; Fein, E (1999):</i> Ableitung von Permeabilitäts-Porositätsrelationen für Salzgrus. Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, GRS-148, Braunschweig.			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Porositäts-Permeabilitätsbeziehungen bei sehr kleinen Porositäten Auswirkung einer eventuell möglichen Erhöhung der Porositäten durch Überdrücke aus Gasbildungsprozessen			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.08.02	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.08	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Permeabilität			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Die Permeabilität ist eine Kenngröße für die Durchströmbarkeit eines porösen oder geklüfteten Mediums. Eine geringe Permeabilität ist gleichbedeutend mit einem hohen Strömungswiderstand und bewirkt damit eine langsame Durchströmung.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input checked="" type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.08.02	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.08	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Permeabilität			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Die Permeabilität wird durch die mikroskopische Verteilung und die dreidimensionale Vernetzungsstruktur des Porenraums bestimmt. Sie ist eine makroskopische Kenngröße vieler Einflussfaktoren, von denen die Porosität die bedeutendste Rolle spielt. Da die Porosität sich in den Grubengebäuden durch die Konvergenz ändert und damit auch die Permeabilität Änderungen unterworfen ist, wird die Permeabilität in Modellrechnungen in der Regel über Permeabilitäts-Porositätsbeziehungen beschrieben (<i>Müller-Lyda et al. 1999</i>). Für Grundwasserströmungsberechnungen in der Geosphäre werden die Permeabilitäten dagegen für den Nachweiszeitraum als konstant angesehen und daher direkt aus Labormessungen oder in-situ-Messungen (Pumpversuche usw.) als Randbedingung ermittelt.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Die einzelnen Bereiche des Endlagersystems haben unterschiedliche Permeabilitäten: Für nicht kompaktierbare Bereiche (z.B. Schottersäulen von Schachtverschlüssen, Streckenabdichtungen) ist von einer konstanten Permeabilität auszugehen, für kompaktierbare Bereiche (Versatz, Verschlüsse) nimmt die Permeabilität durch Kompaktion im Laufe der Zeit ab, d.h. diese Bereiche werden undurchlässiger (siehe detaillierte Beschreibung in FEP „Porosität“). Die Durchlässigkeiten im Deckgebirge sind weitestgehend bekannt (<i>Klinge et al. 2002</i>) und können als konstant angenommen werden, solange man den Einfluss von Kaltzeiten mit einer Inlandeisüberföhrung außer Acht lässt (FEP „Vollständige Inlandvereisung“).			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Die Permeabilität kann Lösungs- und Gastransportprozesse im Grubengebäude beeinflussen und somit auch den Fluidruck.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Alteration von Querschnittsabdichtungen, Fehlerhafte Erstellung eines Verschlussbauwerks, Porosität,	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Durchströmen von Versatz und technischen Barrieren, Advektion, Konvektion, Geosphäre: Grundwasserströmung	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Wird berücksichtigt		<i>Strecken und Schächte:</i> Wird berücksichtigt	
<i>Wirtsgestein:</i> Wird berücksichtigt		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Wird berücksichtigt	

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.08.02	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.08	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Permeabilität			
<i>Bemerkungen:</i> keine			
<i>Literaturquellen:</i> <p><i>Klinge, H.; Köthe, A.; Ludwig, R.-R.; Zwirner, R.:</i> Geologie und Hydrogeologie des Deckgebirges über dem Salzstock Gorleben. Z. Angew. Geol. (2/2002), S. 7-15, 2002.</p> <p><i>Müller-Lyda, I.; Birthler, H.; Fein, E.:</i> Ableitung von Permeabilitäts-Porositätsrelationen für Salzgrus. Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, GRS-148, Braunschweig, 1999.</p>			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.08.03	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.08	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Lösungen im Grubenbau			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Die in einem Grubenbau vorhandenen Lösungen stammen entweder aus den eingelagerten Abfallgebänden, aus der Versatzfeuchte oder aus einem Zutritt aus dem Wirtsgestein und dem Deckgebirge.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input checked="" type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input checked="" type="checkbox"/> indirekt <input type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.08.03	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.08	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Lösungen im Grubenbau			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Die Zusammensetzung und die Eigenschaften der Lösungen hängen von den Wechselwirkungen der Lösungen mit allen anderen Stoffen in dem Grubenbau ab.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Die mit den eingelagerten Abfallgebänden in das Endlager eingebrachten Lösungsmengen sind vernachlässigbar, da es sich ausschließlich um verglaste oder sonstige feste Abfälle handelt. Der Versatz kann geringe Mengen Feuchte enthalten (etwa 0,3 Gew.-%). Diese Feuchte ist lokal im chemischen Gleichgewicht mit ihrer Umgebung. Zusätzlich kann aus den aufgelockerten Gebirgsbereichen und durch Migration von <i>fluid inclusions</i> im Wärmefeld Lösung in das Grubengebäude zutreten. Falls bei einer gestörten Entwicklung Lösungen von außen in einen Grubenbau eindringen, stammen diese aus begrenzten Lösungseinschlüssen im Wirtsgestein (vgl. <i>Bornemann et al. 2004</i>) oder aus unbegrenzten Reservoirs im Deckgebirge. Die Zusammensetzung und die Eigenschaften der Lösungen im Grubenbau werden dann zunächst durch die zutretenden Lösungen bestimmt. Langfristig stellt sich ein Gleichgewicht mit den im Grubenbau anstehenden Salzen ein.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Lösungen wirken sich auf das geochemische Milieu im Grubengebäude und damit auf eine Vielzahl physikalischer und chemischer Prozesse aus. Beeinflusst werden unter anderem Sorption, Lösungs-/Fällungsreaktionen, Korrosion sowie gegebenenfalls Quellprozesse. Die Eigenschaften der Lösungen beeinflussen die Transportprozesse im Grubengebäude. Die bei der ungestörten Entwicklung des Endlagers auftretenden geringen Mengen an vorhandenen Lösungen haben nur geringe Auswirkungen. Lediglich bei der Betrachtung der Korrosion von Metallen sind deren Auswirkungen zu berücksichtigen. Wenn bei gestörten Entwicklungen von außen zugetretene Lösungen bis in die Einlagerungsorte (Bohrlöcher und Strecken) vordringen, kann es zu einer Mobilisierung von Radionukliden und zu deren Transport kommen.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i> Lösungszutritt in Grubenbaue,		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Diapirismus, Wegsamkeiten in Erkundungsbohrungen, Verdampfen von Wasser, Radiolyse, Fluidvorkommen im Wirtsgestein, Thermomigration	

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.08.03	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.08	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Lösungen im Grubenbau			
<i>Resultierende FEPs:</i> Auflösung und Ausfällung, Metallkorrosion,		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Eigenschaften des Verschlussmaterials, Fluiddruck, Geochemisches Milieu im Grubenbau, Matrixkorrosion, Zersetzung von Organika, Radiolyse, Radionuklid-Quellterm, Advektion, Konvektion, Diffusion, Matrixdiffusion, Mechanische Dispersion	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Wird berücksichtigt		<i>Strecken und Schächte:</i> Wird berücksichtigt	
<i>Wirtsgestein:</i> Wird berücksichtigt		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Bemerkungen:</i> keine			
<i>Literaturquellen:</i> <p><i>ISIBEL (2007a):</i> ISIBEL Abschlussbericht „Überprüfung und Bewertung des Instrumentariums für eine sicherheitliche Bewertung von Endlagern für HAW“, Aufgabenpaket AP 1.2 Konzeptionelle Endlagerplanung.</p> <p><i>ISIBEL (2007b):</i> ISIBEL Abschlussbericht „Überprüfung und Bewertung des Instrumentariums für eine sicherheitliche Bewertung von Endlagern für HAW“, Aufgabenpaket AP7 „Nachweiskonzepte für die Einhaltung der nicht radiologischen Schutzziele in der Nachbetriebsphase“.</p> <p>BORNEMANN, O., BEHLAU, J., KELLER, S., MINGERZAHN, G. & SCHRAMM, M. (2004): Projekt Gorleben, Standortbeschreibung Gorleben - Teil III: Ergebnisse der Erkundung des Salinars. Abschlussbericht zum AP G 412110000.-- BGR, unveröffentl. Ber.: 222 S., 29 Abb., 6 Tab., 4 Anl., 1 Anh.; Hannover.</p>			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.08.04	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.08	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Umläufigkeiten			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Unter Umläufigkeiten werden unvorhergesehene Wegsamkeiten im unverritzten Wirtsgestein verstanden, die sich aus miteinander verbundenen Resthohlräumen ergeben und die Wirksamkeit geologischer Barrieren oder geotechnischer Abschlussbauwerke reduzieren können.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input checked="" type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input checked="" type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Wirtsgestein, Schacht- und Streckenverschlüsse			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.08.04	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.08	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Umläufigkeiten			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Die Auflockerungszone ist keine unvorhergesehene Wegsamkeit und wird deshalb in einem separaten FEP (FEP Auflockerungszone) behandelt. Die Auflockerungszone kann aber einen wichtigen Beitrag zu einer Umläufigkeit leisten.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Als Wegsamkeiten kommen bruchhafte Diskontinuitäten wie Klüfte oder Störungen in Frage. Die Erkundungsergebnisse zeigen, dass die Verteilung der natürlichen bruchhaften Diskontinuitäten im Wirtsgestein bekannten Gesetzmäßigkeiten folgt (<i>Bornemann et al. 2004</i>). Vom Einlagerungsmedium Hauptsalz sind keine Kluftsysteme bekannt. Die Kluftsysteme im Hauptanhydrit sind begrenzt, da er in Schollen zerbrochen ist, die hydraulisch voneinander isoliert sind. Fluidmigrationen über dem Hauptanhydrit zwischen den Einlagerungsbereichen oder zwischen Einlagerungsbereichen und dem Deck- und Nebengebirge sind daher nicht möglich. Ähnliches gilt auch für Kluftvorkommen in anderen stratigraphischen Einheiten. Mit der Einlagerung von Wärme erzeugenden Abfällen sind Prozesse möglich, die zu neuen Spannungsverhältnissen im Wirtsgestein führen und die eine Entstehung neuer Wegsamkeiten begünstigen, wenn die Geometrie von Einlagerungsbereichen, die Verteilung der Abfälle in den Einlagerungsbereichen oder ausreichende Sicherheitspfeiler nicht berücksichtigt werden. Die Endlagerplanung trägt diesem Umstand Rechnung, so dass unvorhergesehene Wegsamkeiten und damit mögliche Umläufigkeiten vermieden werden können.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Umläufigkeiten sind Wegsamkeiten für Fluide. Sie können den Effekt von Barrieren reduzieren und damit den gesamten Strömungswiderstand eines Grubenbereichs erniedrigen und Einfluss auf den Schadstofftransport nehmen.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Alteration von Querschnittsabdichtungen, Fehlerhafte Erstellung eines Verschlussbauwerks, Konvergenz, Rissbildung, Auflockerungszone, Wirtsgestein, Klüfte im Wirtsgestein, Fluidvorkommen im Wirtsgestein	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Porosität, Gasfreisetzung aus Grubenbauen, Advektion, Mechanische Dispersion	

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.08.04	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.08	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Umläufigkeiten			
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Strecken und Schächte:</i> Wird berücksichtigt	
<i>Wirtsgestein:</i> Wird berücksichtigt		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Bemerkungen:</i> keine			
<i>Literaturquellen:</i> BORNEMANN, O., BEHLAU, J., KELLER, S., MINGERZAHN, G. & SCHRAMM, M. (2004): Projekt Gorleben, Standortbeschreibung Gorleben - Teil III: Ergebnisse der Erkundung des Salinars. Abschlussbericht zum AP G 412110000.-- BGR, unveröffentl. Ber.: 222 S., 29 Abb., 6 Tab., 4 Anl., 1 Anh.; Hannover.			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.08.05	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.08	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Kanalisation			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Unter Kanalisation wird die Ausbildung von Wegsamkeiten verstanden, in denen sich ein strömendes Medium gegenüber seiner Umgebung bevorzugt ausbreiten kann.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input checked="" type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung		<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs	
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input checked="" type="checkbox"/> indirekt <input type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.08.05	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.08	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Kanalisation			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> In der Aerodynamik wird unter Kanalisation die Einschränkung eines Strömungsquerschnitts verstanden. Bei gleichbleibender Gesamtporosität erfolgt dann aus Kontinuitätsgründen eine Beschleunigung des strömenden Mediums in den Kanälen. Kanalisationen kommen im Wesentlichen erst bei gestörten Entwicklungen eines Endlagersystems zum Tragen.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> In horizontalen Grubenbauen im Salinar kann eine Kanalisation durch Sackung von Versatz entstehen. Die Verdichtung des Versatzes nimmt wegen der mit zunehmender Tiefe anwachsenden Last nach unten hin zu. Dadurch entsteht ein Porositätsgefälle von der Firste zum Boden einer Strecke. In vertikalen Bohrlöchern kann es beispielsweise zu Kanalisationen kommen, wenn die Behälter eine Durchströmung verhindern und die Strömung durch den Ringspalt erfolgt.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Durch die Kanalisation wird die Strömung und gegebenenfalls ein Transport von Radionuklidern beschleunigt. Bei Sackungen in den versetzten Strecken wird der Fluid- und Radionuklidtransport bevorzugt an der Firste erfolgen. Durch die Konvergenz werden diese Hohlräume allerdings mit der Zeit wieder verschlossen. Die mit den Sackungen einhergehende inhomogene Porositätsverteilung des Versatzes hat auf seinen Strömungswiderstand bei horizontalen Strömungen nur geringe Auswirkungen, bei vertikalen Strömungen ist sie aber zu berücksichtigen (<i>Müller-Lyda 2003</i>).			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Keine. Inhomogene Verdichtungen werden aufgrund der Konvergenz nicht dauerhaft erhalten bleiben, da es zu einer bevorzugten Kompaktion der Versatzbereiche mit höherer Porosität und dementsprechender geringerer Stützwirkung kommt.			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Kokillensticking, Versatz: Eigenschaften des Materials, Eigenschaften des Verschlussmaterials, Alteration von Querschnittsabdichtungen, Fehlerhafte Erstellung eines Verschlussbauwerks, Versatzkompaktion, Rissbildung	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Porosität, Advektion, Mechanische Dispersion	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Wird berücksichtigt		<i>Strecken und Schächte:</i> Wird berücksichtigt	

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.08.05	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.08	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Kanalisation			
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Bemerkungen:</i> keine			
<i>Literaturquellen:</i> <i>Müller-Lyda, I. (2003):</i> Permeabilitätsansatz für Salzgrusversatz. GRS-Notiz 314500-17, unveröffentlicht, Braunschweig.			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.08.06	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.08	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Durchströmung von Versatz und technischen Barrieren			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Die in einem Grubenbau vorhandenen Fluide können in Abhängigkeit des herrschenden Potentialunterschiedes die Resthohlräume des Grubengebäudes durchströmen. Wegsamkeiten für Fluide gibt es im Versatz, in den Porenräumen der technischen Bauwerke, in den Auflockerungszonen und im Porenraum der Abfallgebände.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input checked="" type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input checked="" type="checkbox"/> indirekt <input type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.08.06	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.08	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Durchströmung von Versatz und technischen Barrieren			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Die Durchströmung von Versatz und technischen Barrieren wird durch deren Strömungswiderstand beeinflusst. Dabei ist jeweils die Auflockerungszone zu berücksichtigen. Die wesentlichen Antriebsmechanismen für die Durchströmung sind Gebirgskonvergenz und Verdrängung durch Gasspeicherung (bei der Lösungsbewegung) sowie die Gasbildung und der Auftrieb (bei der Gasausbreitung).			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> In der Normalentwicklung des Endlagersystems ist nur von geringen Lösungsmengen in den Grubenbauen auszugehen. Ein hydraulischer Gradient ist lediglich am Schachtverschluss zu betrachten, die durchströmenden Flüssigkeitsmengen sind aber sehr gering und erreichen nicht die Einlagerungsfelder (<i>ISIBEL 2007</i>). Der Schachtverschluss ist gegen die zu erwartenden Strömungskräfte ausgelegt. Bei der Betrachtung von Szenarien, bei denen Verschlussbauwerke versagen oder unerwartete Lösungsvolumina innerhalb des Wirtsgesteins auftreten, sind Durchströmungen im gesamten Grubengebäude zu betrachten.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Die Durchströmung beeinflusst den Transport von eventuell freigesetzten und gelösten Radionukliden, bzw. die Ausbreitung der Radionuklide in der Gasphase. Bei der Durchströmung von porösen Medien (z.B. Versatz, Schotter) übt das Fluid eine durch Reibung hervorgerufene Strömungskraft auf das Medium aus und kann die Funktionalität der Barriere beeinträchtigen.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Versatz: Eigenschaften des Materials, Eigenschaften des Verschlussmaterials, Fluiddruck, Rissbildung, Mechanisches Versagen eines Verschlussbauwerks, Lageverschiebung des Schachtverschlusses, Permeabilität	
<i>Resultierende FEPs:</i> Lösungszutritt in Grubenbaue, Quellen des Bentonits		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Alteration von Querschnittsabdichtungen, Fluiddruck, Radionuklidtransport in der flüssigen Phase, Radionuklidtransport in der Gasphase	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Wird berücksichtigt		<i>Strecken und Schächte:</i> Wird berücksichtigt	

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.08.06	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.08	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Durchströmung von Versatz und technischen Barrieren			
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Bemerkungen:</i> keine			
<i>Literaturquellen:</i> <i>ISIBEL (2007):</i> ISIBEL Abschlussbericht „Überprüfung und Bewertung des Instrumentariums für eine sicherheitliche Bewertung von Endlagern für HAW“, Aufgabenpaket AP6 „Ermittlung und Bewertung von Freisetzungsszenarien“.			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.08.07	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.08	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Lösungszutritt in Grubenbaue			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Durch die Abfolge von nicht planmäßig verlaufenden Ereignissen können aus dem Wirtsgestein oder Deckgebirge größere Lösungsmengen in einen Grubenbau gelangen und letztendlich zu seiner vollständigen Füllung führen.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input checked="" type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input checked="" type="checkbox"/> indirekt <input type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.08.07	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.08	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Lösungszutritt in Grubenbaue			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Die einzelnen Grubenbaue laufen zu verschiedenen Zeitpunkten voll, abhängig von den Strömungswiderständen im gesamten Grubengebäude.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Nur bei einem gestörten Ablauf der Endlagerentwicklung ist ein Zufluss von Lösungen von außen über den Schacht oder über Wegsamkeiten im Wirtsgestein möglich. Ein Zutritt über das Wirtsgestein ist unwahrscheinlich auf Grund der Lage des Endlagers im Hauptsalz. Durchgehende Anhydritbänder sind nicht zu berücksichtigen (<i>ISIBEL 2007</i>).			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Das Volllaufen von Einlagerungsorten (Bohrloch, Strecke) bewirkt eine Korrosion von Behältern und nachfolgend die Mobilisierung und Freisetzung von Radionukliden. Nach dem Volllaufen anderer Grubenbaue ist ein Transportpfad für Lösungen und Radionuklide geschaffen, die zu einer Freisetzung führen können.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Das Volllaufen von Grubenbauen ist nur möglich, solange sie nicht durch die Konvergenz wieder verschlossen wurden.			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i> Durchströmen von Versatz und technischen Barrieren		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Wegsamkeiten in Erkundungsbohrungen, Fluiddruck, Porosität, Gaseindringdruck, Auflockerungszone, Fluidvorkommen im Wirtsgestein,	
<i>Resultierende FEPs:</i> Lösungen im Grubenbau		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Fluiddruck	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Wird berücksichtigt		<i>Strecken und Schächte:</i> Wird berücksichtigt	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Bemerkungen:</i> keine			
<i>Literaturquellen:</i> <i>ISIBEL (2007):</i> ISIBEL Abschlussbericht „Überprüfung und Bewertung des Instrumentariums für eine sicherheitliche Bewertung von Endlagern für HAW“, Aufgabenpaket AP 1.1 Geologisches Standortmodell.			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.08.07	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.08	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Lösungszutritt in Grubenbaue			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.08.08	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.08	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Quellen des Bentonits			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Bei Wasseraufnahme quillt Bentonit und übt im eingespannten Zustand einen Druck auf die Hohlraumkontur und auf angrenzende Bauwerksteile aus.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input checked="" type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input checked="" type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Schachtverschluss, Wirtsgestein			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.08.08	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.08	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Quellen des Bentonits			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Bentonit kann im Endlager als Baustoff für Dichtelemente eingesetzt werden. Der Quelldruck bewirkt eine Einspannung des Dichtelementes sowie einen Druckaufbau in der Kontaktfuge zwischen Dichtelement und Gebirge. Das Quellen des Bentonits bei Aufsättigung hat einen auf die Hohlraumkontur wirkenden Stützdruck zur Folge. Bentonite verlieren einen Teil ihres Quellpotentials mit zunehmender Salinität des durchströmenden Fluids.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Bentonit kommt als Abdichtungsmaterial im Schachtverschluss zum Einsatz. Der Bentonit wird mit einem definierten Wassergehalt eingebaut und während des Einbaus unter Anwendung einer speziellen Randverdichtung kompaktiert, um den Kontaktschluss mit dem Gebirge zu optimieren. Bei Zufluss von Fluid entwickelt der Bentonit nach Aufsättigung seinen gesamten Quelldruck.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Die Aufsättigung des Bentonits führt zum Quellen und somit zu einem Quelldruck im Dichtelement, so dass sich in der Kontaktzone zwischen Dichtelement und Gebirge ein Kontaktdruck aufbaut. Zum Aufbau eines gleichmäßigen Quelldrucks im Dichtelement ist eine langsame Aufsättigung des Bentonits notwendig, da ein ungleichmäßiger Quelldruckaufbau im Dichtelement zu Umläufigkeiten in der Kontaktzone und einer lokalen Erosion führen kann. Bei starker (Vor-)kompaktion sollte nach derzeitiger Kenntnis der Wasserdruckaufbau auch deshalb langsam erfolgen, um Piping, d.h. die Ausbildung von Strömungskanälen im Bentonit zu vermeiden. Ggf. muss eine Zone verringerter Dichte zum „schnelleren“ Eindringen von Fluid vorgesehen werden. Wenn der Quelldruck des Bentonits nicht richtig eingestellt wird (z.B. durch die Art und die mineralische Zusammensetzung des Bentonits), kann der Fracdruck des Gebirges überschritten werden. Am Standort sind keine weiteren Auswirkungen durch Bentonitquellen nach dessen Durchfeuchtung zu erwarten, als die beschriebenen Prozesse. Standortbezogen ist das Quellpotential des eingesetzten Bentonits mit der Zusammensetzung des zu erwartenden Fluids zu prüfen.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Keine			
<i>Abhängigkeiten:</i>			
<i>Auslösende FEPs:</i> Durchströmen von Versatz und technischen Barrieren		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Permafrost Zusammensetzung des Verschlussmaterials Eigenschaften des Verschlussmaterials Alteration von Querschnittsabdichtungen Fehlerhafte Erstellung eines Verschlussbauwerks Konvergenz Fluiddruck Geochemisches Milieu im Grubengebäude	

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.08.08	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.08	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Quellen des Bentonits			
		Wärmeproduktion Thermische Expansion und Kontraktion Auflockerungszone Fluidvorkommen im Wirtsgestein	
<i>Resultierende FEPs:</i> Nicht thermisch induzierte Volumendehnung		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Eigenschaften des Verschlussmaterials Konvergenz Mechanisches Versagen eines Verschlussbauwerks Lageverschiebung des Schachtverschlusses Porosität Spannungsumlagerung	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Strecken und Schächte:</i> Wird berücksichtigt	
<i>Wirtsgestein:</i> Wird berücksichtigt		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Bemerkungen:</i> Keine			
<i>Literaturquellen:</i> <i>Pusch, R; SKB (2002):</i> The Buffer and Backfill Handbook, Part 2: Materials and Techniques, Technical Report TR-02-12 <i>Johannesson, L.E.; Nilsson, U. (2006):</i> Deep Repository – Engineered Barrier Systems, Geotechnical Behaviour of Candidate Backfill Materials, Laboratory Tests and Calculations for determining Performance of the Backfill, SKB, R-06-73 <i>Börgesson, L; Torbjörn, S. (2006):</i> Piping and Erosion in Buffer and Backfill Materials, SKB, R-06-80 <i>Börgesson, L; Herneling, J. (2006):</i> Consequences of Loss or Missing Bentonite in a Deposition Hole, SKB, TR-06-13 <i>Neretnieks, I. (2006):</i> Flow and Transport through a damaged Buffer – Exploration of the Impact of a Cemented and an eroded Buffer, SKB, TR-06-33 <i>DBE TEC (2002):</i> F+E-Vorhaben Schachtverschluss Salzdetfurth, Hydraulische Modellierungen, Abschlussbericht			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Risiko des Piping in Relation zur Geschwindigkeit der Aufsättigung Kompaktion und Konturanbindung Einbaufeuchte			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.08.09	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.08	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Sonstige hydraulische Prozesse im Endlager			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Hydraulische Prozesse im Endlager, die nicht durch Durchströmung, Umläufigkeiten, Kanalisierungen oder Vollfließen beschrieben werden können, werden in diesem FEP zusammengefasst.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input checked="" type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.08.09	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.08	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Sonstige hydraulische Prozesse im Endlager			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i>			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Für den Referenzstandort sind derzeit über die genannten FEP hinaus keine sonstigen hydraulischen Prozesse bekannt.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i>			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i>			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i>	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i>	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Bemerkungen:</i> keine			
<i>Literaturquellen:</i>			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.09.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.09	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Geochemisches Milieu im Grubenbau			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Das geochemische Milieu charakterisiert die wässrige Lösung in einem Grubenbau und wird insbesondere durch den pH-Wert, die Ionenstärke, das Redoxpotential und die Konzentrationen der Hauptbestandteile der Lösung beschrieben.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input checked="" type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input checked="" type="checkbox"/> indirekt <input type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.09.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.09	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Geochemisches Milieu im Grubenbau			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Das geochemische Milieu hängt von der chemischen Zusammensetzung der Lösung ab, die beeinflusst sein kann von sämtlichen mit der Lösung in Kontakt stehenden Materialien, z.B. den anstehenden Gesteinen, den eingebrachten Abfällen und den Versatz- und Verschlussmaterialien.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Wenn es zu einem Lösungszutritt in das Endlager am Referenzstandort kommen sollte, sind die entsprechenden Lösungen in der Regel hochsalin und gegebenenfalls an NaCl, MgCl ₂ und anderen Komponenten gesättigt. Sollte es sich um untersättigte Lösungen handeln, können diese anstehende Gesteine im Grubengebäude umlösen und eventuell zu einer Hohlraumneubildung beitragen. Als Versatz vorgesehener Salzgrus kann das geochemische Milieu in gleicher Weise wie das anstehende Gestein ändern. Zuschlagstoffe zum Versatz, die das geochemische Milieu beeinflussen können, sind derzeit nicht vorgesehen. Die eingebrachten Abfälle (Behälter sowie verglaste HAW, abgebrannte Brennelemente, kompaktierte Hülsen und Strukturteile) enthalten unterschiedliche chemische Elemente und Verbindungen und führen nach Mobilisierung zu unterschiedlichen geochemischen Milieus in den Einlagerungsorten (Bohrlöcher oder Strecken). Die Schacht- und Streckenverschlüsse im Grubengebäude bestehen aus unterschiedlichen Materialien, insbesondere Salz- oder Solebeton, und beeinflussen das geochemische Milieu der Lösungen, die durch diese Bauwerke dringen.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Das geochemische Milieu beeinflusst die Metall- und Matrixkorrosion und einhergehend damit die Gasbildung, die Mobilisierung von Radionukliden aus den Abfallgebänden, die Ausfällung und Sorption von Radionukliden sowie über die Metallkorrosion den Ausfall der Behälter. Das geochemische Milieu wirkt sich auch auf die Alteration von Schacht- und Streckenverschlüssen aus.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Inventar: Radionuklide, Inventar: Metalle, Inventar: Organika, Inventar: Sonstige Stoffe, Abfallmatrix: Zusammensetzung, Zusammensetzung des Behältermaterials, Versatzmaterial, Zusammensetzung des Verschlussmaterials, Alteration von Querschnittsabdichtungen, Fluiddruck, Lösungen im Grubenbau, Auflösung und Ausfällung, Metallkorrosion, Matrixkorrosion, Zersetzung von Organika, Mikrobielle Prozesse	

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.09.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.09	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Geochemisches Milieu im Grubenbau			
		se im Grubengebäude, Wärmeproduktion, Gasbildung, Radiolyse, Wirtsgestein, Fluidvorkommen im Wirtsgestein, Radioaktiver Zerfall, Radionuklid-Mobilisierung, Chemische Speziation, Sorption, Kolloide, Komplexbildung, Diffusion	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Alteration von Querschnittsabdichtungen, Fluiddruck, Nicht thermisch induzierte Volumenänderung, Quellen des Bentonits, Auflösung und Ausfällung, Metallkorrosion, Matrixkorrosion, Zersetzung von Organika, Mikrobielle Prozesse im Grubengebäude, Wärmeproduktion, Verdampfen von Wasser, Radiolyse, Radionuklid-Quellterm, Chemische Speziation, Sorption, Kolloide, Komplexbildung, Diffusion	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Wird berücksichtigt		<i>Strecken und Schächte:</i> Wird berücksichtigt	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Bemerkungen:</i> Die geochemischen Verhältnisse im Wirtsgestein und im Deck- und Nebengebirge werden in dem FEP „Chemische Verhältnisse in der Geosphäre“ beschrieben.			
<i>Literaturquellen:</i> KÜHLE, T.; ZUDE, F.; HILD, W. (1992): Chemische Effekte im Grubengebäude – Workshop der Projektteilung Rahmenplan „Endlagersicherheit in der Nachbetriebsphase“. Institut für Tieflagerung. GSF-Bericht 2/92, Braunschweig.			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.09.02	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.09	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Auflösung und Ausfällung			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Durch Auflösung wird ein festes Material (z.B. des anstehenden Gesteins, der Radionuklide einschließenden Matrices oder eines technischen Bauwerks) derart zersetzt, dass dessen Bestandteile in Lösung gebracht werden. Nach Überschreiten von Löslichkeitsgrenzen können Inhaltsstoffe von Lösungen, darunter auch Radionuklide, unter Bildung von festen Phasen aus der Lösung ausfallen.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input checked="" type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input checked="" type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Wirtsgestein, Strecken- und Schachtverschlüsse			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.09.02	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.09	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Auflösung und Ausfällung			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Auflösung und Ausfällung sind außer vom geochemischen Milieu stark von der Temperatur abhängig. In der Regel können gesättigte Lösungen bei einer Temperaturerhöhung zusätzliche Salze lösen, während bei einer Temperaturniedrigung Salze ausfallen. Durch Auflösungs- und Ausfällungsprozesse (Umlösung) anstehender Gesteine ändern sich die Feststoff- und Hohlraumvolumina des Endlagers, die mechanischen Eigenschaften des Gesteins sowie gegebenenfalls das chemische Milieu. Der Vorgang der Subrosion wird in einem eigenem FEP behandelt.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Eine großräumige Auflösung von anstehendem Gestein im Nahbereich des Endlagers (Hauptsalz) durch zufließende Lösungen ist unwahrscheinlich, weil sich diese Lösungen voraussichtlich im thermodynamischen Gleichgewicht mit den anstehenden Mineralphasen befinden und damit mit deren chemischen Komponenten gesättigt sein werden. Gegebenenfalls ist ein erhöhtes Lösungsvermögen durch eine Temperaturerhöhung in der Nähe der Einlagerungsfelder zu berücksichtigen. Sollte es sich um untersättigte Lösungen handeln, können diese anstehende Gesteine im Grubengebäude umlösen. Andere Gesteine (z.B. Carnallit) sollen während der Auffahrung des Endlagerbergwerks umfahren werden, so dass Auflösungs- und Ausfällungsprozesse (Umlösungen) dieser Gesteine nicht zu erwarten sind. Die Auflösung von Materialbestandteilen der Schacht- und Streckenverschlüsse unter Ausfällung neuer Festphasen kann nicht ausgeschlossen werden.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Durch Auflösungen können Schacht- und Streckenverschlüsse, Versatz oder Wirtsgestein für Fluide durchlässiger und durch Ausfällung (Krustenbildung) undurchlässiger werden. Die Löslichkeiten der Radionuklide in wässrigen Lösungen haben im Falle einer Freisetzung Einfluss auf die aus dem Endlager freigesetzte Gesamtaktivität. Schlecht lösliche Radionuklide (z.B. Zirkon, Thorium oder Plutonium) werden deshalb auch bei gestörten Entwicklungen im Endlager zurückgehalten (<i>Kühle et al. 1992</i>).			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Keine			
<i>Abhängigkeiten:</i>			
<i>Auslösende FEPs:</i> Lösungen im Grubenbau, Verdampfen von Wasser		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Versatzmaterial, Zusammensetzung des Verschlussmaterials, Fluiddruck, Geochemisches Milieu im Grubengebäude, Wärmeproduktion	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i>	

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.09.02	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.09	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Auflösung und Ausfällung			
		Wegsamkeiten in Erkundungsbohrungen, Inventar: Sonstige Stoffe, Abfallmatrix: Zusammensetzung, Versatzmaterial, Versatz: Eigenschaften des Materials, Zusammensetzung des Verschlussmaterials, Eigenschaften des Verschlussmaterials, Alteration von Querschnittabdichtungen, Porosität, Geochemisches Milieu im Grubengebäude, Wirtsgestein, Geosphäre: Eigenschaften der Transportpfade	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Wird berücksichtigt		<i>Strecken und Schächte:</i> Wird berücksichtigt	
<i>Wirtsgestein:</i> Wird berücksichtigt		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Wird berücksichtigt	
<i>Bemerkungen:</i> keine			
<i>Literaturquellen:</i> <i>Kühle, T.; Zude, F.; Hild, W. (1992):</i> Chemische Effekte im Grubengebäude – Workshop der Projektteilung Rahmenplan „Endlagersicherheit in der Nachbetriebsphase“. Institut für Tief Lagerung. GSF-Bericht 2/92, Braunschweig.			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.09.03	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.09	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Metallkorrosion			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Die (elektro-)chemische Reaktion von Metallen mit den Stoffen seiner Umgebung, insbesondere mit wässrigen Lösungen, wird als Metallkorrosion bezeichnet.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input checked="" type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input checked="" type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Behälter			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.09.03	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.09	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Metallkorrosion			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i>			
<p>Umfang und Geschwindigkeit der Korrosion sind im Wesentlichen von der Zusammensetzung des Ausgangsmaterials und vom chemischen Milieu abhängig. Dabei unterscheidet man zwischen gleichförmiger Korrosion, die überall auf dem Metall und mit gleicher Geschwindigkeit abläuft, sowie der lokalen Korrosion durch galvanische Elemente (wird auch als Lochfraß bezeichnet). <i>Schulze (2002)</i> gibt Beispiele für Korrosionsraten aus Laboruntersuchungen für verschiedene chemische Milieus und unterschiedliche Stahllarten und Legierungen.</p>			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i>			
<p>Aufgrund der natürlichen reduzierenden Verhältnisse im Salzstock, und der durch die Behältermaterialien und sonstigen Bergwerkseinrichtungen genügend großen Metallmengen stellen sich im Endlager reduzierende Verhältnisse ein. Die anaerobe Korrosion (Bildung von Wasserstoffgas bei Abwesenheit von Sauerstoff) spielt daher ein wesentlich bedeutendere Rolle als die Korrosion unter Mithilfe von Sauerstoff.</p> <p>Unedle Metalle, insbesondere Eisen und Aluminium, sind im Behältermaterial bzw. in einigen Abfallkomponenten enthalten. Diese Metalle können von der vorhandenen Luftfeuchte und von eventuell zutretender Lösung korrodiert werden. Das Ausmaß der Korrosion kann wegen eines limitierten Flüssigkeitsvolumens begrenzt sein.</p> <p>Lochfraßkorrosion ist am Referenzstandort nicht auszuschließen und entsprechend zu berücksichtigen. Sowohl flächenhafte Korrosion als auch Lochfraß wurden für die am Referenzstandort geplanten Behältermaterialien untersucht (<i>ISIBEL 2007, EC 2004</i>).</p>			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i>			
<p>Durch Restluft und Restfeuchte setzt unmittelbar nach Einlagerung unter oxidierenden Bedingungen eine Korrosion der Stahlbehälter sowie der nach dem Bergwerksbetrieb in den Strecken verbliebenen Metalle ein. Der Sauerstoff der Restluft wird im Wesentlichen durch die Bildung von Eisenoxiden aufgezehrt.</p> <p>Im weiteren Verlauf der Metallkorrosion stellen sich reduzierende Bedingungen ein. Bei der anaeroben Korrosion der Abfallbehältern kann es neben einer flächenhaften Umsetzung des Metalls zu Lochfraß kommen, wodurch nach einer Beschädigung des Behälters Flüssigkeit in den Behälter eindringen kann. Dabei kann es zu einer Mobilisierung von Radionukliden aus dem Metall kommen, siehe FEP „Radionuklid-Mobilisierung“. Die mechanische Stabilität der Behälter nimmt durch Korrosion ab, so dass der mechanische Widerstand gegen Gebirgskonvergenz abnimmt.</p> <p>Durch die Metallkorrosion wird das chemische Milieu beeinflusst. Durch Reduktion der Wertigkeit wichtiger Radionuklide an der Oberfläche eines korrodierenden Behälters oder eines Eisengegenstandes kann die Löslichkeit der Radionuklide erheblich gesenkt werden (<i>Grambow et al. 1996</i>). Außerdem besitzen Korrosionsprodukte wie Magnetit in NaCl-reichen oder Eisen(II)-Hydroxide in Mg-reichen Salzlösungen gute Sorptionseigenschaften für Radionuklide.</p> <p>Die anaerobe Metallkorrosion geht üblicherweise mit der Bildung von Gas, hauptsächlich von Wasserstoffgas, einher (<i>Schulze 2002</i>). Die Auswirkungen der Gasbildung werden im FEP „Gasbildung“ behandelt.</p>			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.09.03	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.09	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Metallkorrosion			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Keine. Die aerobe Korrosion ist in der Regel nach wenigen Jahren abgeschlossen, anaerobe Korrosion hat keine zeitliche Beschränkung, solange die Edukte der Korrosionsreaktionen nicht aufgebraucht werden.			
<i>Abhängigkeiten:</i>			
<i>Auslösende FEPs:</i> Lösungen im Grubenbau		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Inventar: Metalle, Eigenschaften der Behälter, Fluiddruck, Geochemisches Milieu im Grubengebäude, Wärmeproduktion, Materialversprödung durch Strahlung	
<i>Resultierende FEPs:</i> Nicht thermisch induzierte Volumenänderung, Matrixkorrosion, Gasbildung, Radionuklid-Mobilisierung		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Wegsamkeiten in Erkundungsbohrungen, Inventar: Metalle, Eigenschaften der Behälter, Geochemisches Milieu im Grubengebäude	
<i>Handhabung:</i>			
<i>Nahfeld:</i> Wird berücksichtigt		<i>Strecken und Schächte:</i> Wird berücksichtigt	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Bemerkungen:</i> keine			
<i>Literaturquellen:</i> <i>European Commission, Nuclear Science and Technology: Backfilling and Sealing of Underground Repositories for Radioactive Waste in Salt (BAMBUS II Project), Final Report, EUR 20621 EN, 2004 (S. 155-161)</i> <i>Grambow, B., Loida, A. & Smailos, E. (1996):</i> Langzeitstabilität von Abfallgebinden und abgebranntem Kernbrennstoff gegenüber Korrosion unter Endlagerbedingungen. Direkte Endlagerung; Sammlung der Vorträge anlässlich der Abschlussveranstaltung am 7. und 8. Dezember 1995 in Karlsruhe. FZK, Technik u. Umwelt, PTE, Wiss. Ber., FZKA-PTE Nr. 2: 213-267, 13 Abb.; Karlsruhe. <i>ISIBEL (2007):</i> ISIBEL Abschlussbericht „Überprüfung und Bewertung des Instrumentariums für eine sicherheitliche Bewertung von Endlagern für HAW“, Aufgabenpaket AP 1.2: Konzeptionelle Endlagerplanung. <i>Schulze, O. (2002):</i> Auswirkung der Gasentwicklung auf die Integrität geringdurchlässiger Barrieregesteine.-- BGR, unveröffentl. Ber.: 142 S., 27 Abb., 4 Tab., Anh. A-G; Hannover.			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.09.03	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.09	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Metallkorrosion			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Berücksichtigung mikrobiell beeinflusster Korrosion			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.09.04	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.09	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Matrixkorrosion			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Matrixkorrosion ist die chemische Zersetzung der Matrix, in die die Radionuklide eingebunden sind, durch Lösungen.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input checked="" type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.09.04	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.09	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Matrixkorrosion			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Die Matrices reagieren auf der einen Seite mit den Produkten des radioaktiven Zerfalls der Radionuklide, die in der Matrix eingeschlossen sind, und auf der anderen Seite mit den möglicherweise vorhandenen oder zutretenden Lösungen. Im Folgenden wird der Begriff Matrixkorrosion auf die Reaktion der Abfallmatrix mit wässrigen Lösungen beschränkt.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Als Matrices kommen im Endlagerkonzept für den Referenzstandort Metalle, Borosilikatglas oder Brennstoff (UOX, MOX) vor. Die Korrosion von Metallen wird bereits im FEP „Metallkorrosion“ behandelt. Die Korrosionsrate der Brennstoffmatrix hängt vor allem davon ab, ob die zutretende Salzlösung oxidierend, anoxisch oder reduzierend ist. Eine Zusammenstellung der experimentell in verschiedenen Salzlösungen bestimmten Korrosionsraten ist in <i>Grambow (1998)</i> gegeben. Die Umwandlung oder Auflösung der Glasmatrix müssen nicht mit einer Freisetzung von Radionukliden verbunden sein. Häufig fallen aufgelöste Stoffe sofort wieder aus und es bilden sich neue feste Phasen, in denen die Radionuklide wieder fixiert sind. Die Gesamtheit der Prozesse Korrosion, Auflösung und Neubildung muss radionuklidspezifisch betrachtet werden (<i>Kienzler, 2000</i>). Sie führt zu einem Quellterm für die Radionuklidfreisetzung. Eine umfassende Darstellung der Einzelreaktionen findet man bei <i>Grambow et al. (1999)</i> . Lösungsvorkommen im Wirtsgestein sind nur im geringen Umfang zu erwarten, Zutritte von außen nur sehr unwahrscheinlich (<i>ISIBEL, 2007</i>).			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Zuerst muss der Behälter, der die Abfallmatrix umgibt, geschädigt werden, damit eine Matrixkorrosion im hier definierten Sinne stattfinden kann. Erst dann können die in der Abfallmatrix eingeschlossenen Radionuklide mobilisiert werden. Die Auswirkungen sind im FEP „Radionuklid-Mobilisierung“ beschrieben.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Keine. Matrixkorrosion kann aber erst nach dem Ausfall eines Behälters einsetzen.			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i> Metallkorrosion		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Inventar: sonstige Stoffe, Abfallmatrix: Eigenschaften, Fluiddruck, Lösungen im Grubenbau, Geochemisches Milieu im Grubengebäude, Wärmeproduktion	
<i>Resultierende FEPs:</i> Nicht thermisch induzierte Volumenänderung, Gasbildung, Radionuklid-Mobilisierung		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Inventar: sonstige Stoffe, Abfallmatrix: Eigenschaften, Geochemisches Milieu im Grubengebäude	

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.09.04	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.09	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Matrixkorrosion			
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Wird berücksichtigt		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Bemerkungen:</i> keine			
<i>Literaturquellen:</i> <p><i>Grambow, B.; (1998):</i> Vorläufiger Quellterm LWR-Brennstoff zur Beschreibung der Korrosion im integrierten Nahfeldmodell. Unveröffentl. Bericht, INE/FZK, Karlsruhe.</p> <p><i>Grambow, B.; Bernotat, W.; Kelm, M.; Kienzler, B.; Luckscheiter, B. (1999):</i> HAW-Glas: Auslaugverhalten und Freisetzung von Radionukliden. INE/FZK 07/99, Karlsruhe.</p> <p><i>ISIBEL (2007):</i> ISIBEL Abschlussbericht „Überprüfung und Bewertung des Instrumentariums für eine sicherheitliche Bewertung von Endlagern für HAW“, Aufgabenpaket AP 1.1 Geologisches Standortmodell.</p> <p><i>Kienzler, B.; Schüssler, W.; Metz, V. (2000):</i> Quellterme für HAW-Glas, abgebrannten Kernbrennstoff und zementierte Abfälle. Zusammenfassender Bericht, INE/FZK 05/00, Karlsruhe.</p>			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.10.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.10	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Zersetzung von Organika			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> In diesem FEP werden alle Prozesse zusammengefasst, die zu einer Zersetzung von Organika führen. Dazu gehören die thermische Zersetzung von organischem Material sowie der Abbau durch mikrobielle Aktivitäten.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input checked="" type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input checked="" type="checkbox"/> indirekt <input type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.10.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.10	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Zersetzung von Organika			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i>			
<p>Die Zersetzung von Organika hängt vom Wasserdargebot und der Verfügbarkeit anderer Stoffe wie Nitrat und Sulfat ab und geht in der Regel mit der Bildung von Gasen einher. Der dominierende Prozess ist in Salzlösungen die Methanogenese und damit die Bildung von Methan und Kohlendioxid (<i>Schulze 2002</i>):</p> $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{CH}_4 + 3\text{CO}_2$ <p>Die Zersetzung von Stoffen durch ionisierende Strahlung wird im FEP „Radiolyse“ berücksichtigt.</p>			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i>			
<p>Bei den einzulagernden Abfällen handelt es sich um hochradioaktive Stoffe. Solche Abfälle enthalten keine organischen Bestandteile, sondern entweder abgebrannte Brennstäbe in speziellen Behältern oder in eine Glasmatrix eingegossene Abfälle aus der Wiederaufarbeitung. Auch die mittelradioaktiven kompaktierten Metallteile enthalten keine Organika.</p> <p>Im Einlagerungsbereich und in den technischen Barrieren wird die Verwendung organischer Stoffe weitgehend vermieden. Ausnahmen sind Isolierungen von elektrischen Leitungen und Plastikrohre in Kabeldurchführungen oder organische Bestandteile von Gebirgsankern (siehe FEP „Inventar: Organika“). Solche Plastikteile sind Gegenstand von langzeitsicherheitlichen Betrachtungen, soweit sie nicht vor dem endgültigen Verschließen des betreffenden Grubenteils wieder ausgebaut werden.</p> <p>Zur Abschirmung von Neutronen enthält der Pollux-Behälter für die Streckenlagerung Polyethylen in Bohrungen im Behältermantel und als Platte im Behälterdeckel. Die BSK-3-Kokille enthält im Deckelbereich ebenfalls eine entsprechende Abschirmplatte. Es wäre vorteilhaft und im Falle der Bohrlochlagerung von Kokillen wohl auch realisierbar, die Kunststoff-Neutronenabschirmung in die bei der Einlagerung verwendete Abschirmglocke zu integrieren. Dadurch würde eine Gasentwicklung bei der Zersetzung der Kunststoff-Abschirmelemente vermieden.</p> <p>Im Wirtsgestein können in begrenzten Bereichen Kohlenwasserstoffe vorkommen (siehe FEP „Rohstoffvorkommen im Wirtsgestein“).</p>			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i>			
<p>Durch die Zersetzung von Organika werden Verbindungen mit langkettigen Kohlenstoffgerüsten in kurzkettige organische Verbindungen oder sogar in anorganische Kohlenstoffverbindungen umgewandelt. Dabei entstehen Gase oder lösliche Kohlenstoffverbindungen, die zum Teil als Komplexmittel zum Transport von Radionukliden beitragen können. Durch die chemischen Prozesse kann sich das geochemische Milieu ändern.</p>			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i>			
keine			
<i>Abhängigkeiten:</i>			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.10.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.10	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Zersetzung von Organika			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Inventar: Organika, Fluiddruck, Lösungen im Grubenbau, Geochemisches Milieu im Grubengebäude, Mikrobielle Prozesse im Grubengebäude, Wärmeproduktion	
<i>Resultierende FEPs:</i> Gasbildung		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Wegsamkeiten in Erkundungsbohrungen, Inventar: Organika, Eigenschaften der Behälter, Geochemisches Milieu im Grubengebäude, Kolloide	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Wird berücksichtigt		<i>Strecken und Schächte:</i> Wird berücksichtigt	
<i>Wirtsgestein:</i> Wird berücksichtigt		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Bemerkungen:</i> keine			
<i>Literaturquellen:</i> <i>RSK (Reaktor-Sicherheitskommission) (2005):</i> RSK-Stellungnahme: Gase im Endlager (379. Sitzung). - http://www.rskonline.de/ <i>Schulze, O. (2002):</i> Auswirkung der Gasentwicklung auf die Integrität geringdurchlässiger Barrieregesteine.-- BGR, unveröffentl. Ber.: 142 S., 27 Abb., 4 Tab., Anh. A-G; Hannover.			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.10.02	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.10	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Mikrobielle Prozesse im Grubengebäude			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Dieses FEP umfasst die Gesamtheit der durch Mikroben verursachten Prozesse im Grubengebäude. Transportprozesse sind nicht enthalten.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input checked="" type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input checked="" type="checkbox"/> indirekt <input type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.10.02	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.10	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Mikrobielle Prozesse im Grubengebäude			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Es gibt sehr viele unterschiedliche Arten von Mikroben, die an die unterschiedlichsten Lebensbedingungen adaptiert sind, auch an hohe Umgebungstemperaturen (termophile Mikroben) und an hohe Salzgehalte (halophile Mikroben). Mikrobielle Prozesse können zur Zersetzung von Organika und zur Veränderung von Mineralphasen führen. Durch die Reaktionsprodukte von mikrobiellen Prozessen kann das lokale geochemische Milieu und insbesondere die Redoxbedingungen verändert werden. Dabei kann es auch zu einer direkten Reduktion oder Oxidation von Radionukliden kommen. Der Transport oder die Rückhaltung von Radionukliden durch die Anwesenheit von Mikroben wird im FEP „Sonstige Transportprozesse“ behandelt.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Untersuchungen zum Vorhandensein von Mikroben wurden am Referenzstandort nur in einem begrenzten Umfang durchgeführt.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Auf Grund der geringen Datenlage zu den am Referenzstandort vorhandenen Mikroben können die standortspezifischen Auswirkungen derzeit nicht abgeschätzt werden.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Inventar: Organika, Fluiddruck, Geochemisches Milieu im Grubengebäude, Wärmeproduktion, Wirtsgestein	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Inventar: Organika, Eigenschaften der Behälter, Geochemisches Milieu im Grubengebäude, Zersetzung von Organika, Radioaktive organische Spezies	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Wird berücksichtigt		<i>Strecken und Schächte:</i> Wird berücksichtigt	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Bemerkungen:</i> Mikrobielle Prozesse in der Geosphäre werden im FEP „Mikrobielle Prozesse in der Geosphäre“ berücksichtigt.			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.10.02	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.10	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Mikrobielle Prozesse im Grubengebäude			
<i>Literaturquellen:</i>			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Verbesserung der Datenlage zu mikrobiellen Prozessen im Grubengebäude			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.11.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.11	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Wärmeproduktion			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Die Wärmeproduktion beinhaltet alle relevanten Prozesse, die bei der zeitlichen Entwicklung der Temperatur im Endlagersystem berücksichtigt werden müssen.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input checked="" type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung		<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs	
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input checked="" type="checkbox"/> indirekt <input type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.11.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.11	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Wärmeproduktion			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i>			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i>			
<p>Im Grubengebäude des Referenzstandorts sind außer dem radioaktiven Zerfall kaum Prozesse denkbar, die zu einer signifikanten Temperaturerhöhung im Salzgestein führen können. Gegebenenfalls sind Wärme produzierende Abbindeprozesse in Betonen der Verschlussbauwerke oder bei Einsatz eines selbstverheilenden Versatzes zu berücksichtigen. Auch bei der Rückreaktion von Radiolyseprodukten zu Steinsalz können geringe Mengen an Wärme entstehen (siehe FEP „Radiolyse“).</p> <p>Bei der Wirtsformation Salz ist der durch die Zerfallswärme der Radionuklide bewirkte Wärmeeintrag für den Einlagerungsbereich bezüglich Konvergenz und auftretende Spannungen sowie für die Aufstiegsgeschwindigkeit des Salzstockes als Ganzes bedeutsam. Nach derzeitigen Vorstellungen darf sowohl bei der Streckenlagerung von POLLUX-Behältern als auch bei der Bohrlochlagerung von Kokillen in Salz eine Kontakttemperatur zwischen Behälter und Salz von 200°C nicht überschritten werden. Diese Anforderung muss bei der Auslegung der Behälter berücksichtigt werden (<i>ISIBEL 2007, RSK 2005</i>).</p>			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i>			
<p>Wärme produzierende Prozesse bewirken eine lokale Temperaturänderung und können zu Temperaturgradienten führen. Temperaturgradienten können eine konvektive Bewegung von potenziell vorhandener Lösung verursachen und damit den Schadstofftransport beeinflussen. Die Temperatur hat Einfluss auf viele FEP im Endlagersystem. Sie wirkt sich auf die Reaktionsgeschwindigkeit von chemischen Vorgängen, auf die Spannungen und Verformungen des Wirtsgesteins und auf das Materialverhalten der Barrieren des Endlagersystems aus. Die entsprechenden Auswirkungen werden in den jeweiligen FEP beschrieben.</p>			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i>			
<p>Grundsätzlich handelt es sich um einen endlichen Prozess, da der radioaktive Zerfall mit einem stabilen Isotop endet. Aufgrund der langen Halbwertszeiten einzelner radioaktiver Elemente ist der Prozess innerhalb des Betrachtungszeitraums für Langzeitsicherheitsanalysen noch nicht abgeschlossen. Bei dem zu betrachtenden Inventar ist eine signifikante Temperaturerhöhung aber in der Regel nach wenigen tausend Jahren abgeklungen.</p>			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i> Radiolyse, Radioaktiver Zerfall		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Geochemisches Milieu im Grubengebäude,	
<i>Resultierende FEPs:</i> Thermische Expansion und Kontraktion, Thermisch bedingte Spannungsänderungen im Wirtsgestein, Temperaturänderung am Salzspiegel		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Quellen des Bentonits, Geochemisches Milieu im Grubengebäude, Auflösung und Ausfällung, Metallkorrosion, Matrixkorrosion, Zersetzung von Organika, Mikrobielle Prozesse im Grubengebäude, Verdampfen von Wasser, Thermomigration	

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.11.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.11	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Wärmeproduktion			
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Wird berücksichtigt		<i>Strecken und Schächte:</i> Wird berücksichtigt	
<i>Wirtsgestein:</i> Wird berücksichtigt		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Wird berücksichtigt	
<i>Bemerkungen:</i> Alle physikalischen FEP, die mit der Wärmeausbreitung zusammenhängen (Temperatur, Wärmeleitung, Wärmeleitfähigkeit, Temperaturgradient, usw.) werden nicht als FEP in diesem Katalog behandelt, sondern implizit vorausgesetzt. Der FEP „Wärmeproduktion“ wirkt indirekt über die Temperatur.			
<i>Literaturquellen:</i> <i>ISIBEL (2007):</i> ISIBEL Abschlussbericht „Überprüfung und Bewertung des Instrumentariums für eine sicherheitliche Bewertung von Endlagern für HAW“, Aufgabenpaket AP 1.2 Konzeptionelle Endlagerplanung. <i>RSK (Reaktor-Sicherheitskommission) (2005):</i> RSK-Stellungnahme: Sicherheitstechnische Aspekte konzeptioneller Fragestellungen zur Endlagerung von bestrahlten Brennstäben mittels Kokillen in Bohrlöchern anhand eines Vergleiches mit dem Konzept „Streckenlagerung von dickwandigen Behältern“ (380. Sitzung). - http://www.rskonline.de/			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.11.02	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.11	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Thermische Expansion und Kontraktion			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Unter thermischer Expansion bzw. thermischer Kontraktion versteht man die Volumenzunahme bzw. -abnahme eines Stoffes, die durch eine Veränderung seiner Temperatur hervorgerufen wird.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input checked="" type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input checked="" type="checkbox"/> indirekt <input type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.11.02	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.11	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Thermische Expansion und Kontraktion			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Der Prozess der thermischen Expansion bzw. Kontraktion muss in Verbindung mit der Wärmeleitung und –speicherung in gekoppelten thermomechanischen Modellberechnungen berücksichtigt werden, um die für die Integrität der Barrieren, insbesondere des Wirtsgesteins, ausschlaggebenden Spannungsverhältnisse korrekt zu ermitteln. Kann sich ein Stoff aufgrund einer äußeren Einspannung nicht ausdehnen, steigt in Abhängigkeit von der Kompressibilität des Stoffes der Druck bzw. die Spannung im Innern des Stoffes an.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Nennenswerte Temperaturänderungen entstehen durch die radioaktive Zerfallswärme der Abfälle oder bei umfangreichen klimatischen Veränderungen. Bei der Abbindung von ggf. einzubauenden Masse-Betonbauwerken können nur lokal und zeitnah nach dem Verschluss des Endlagers zusätzliche Temperaturerhöhungen auftreten. Diese werden aber bei der Auslegung des Endlagers als Randbedingung berücksichtigt und sind daher im Rahmen des FEP-Kataloges nicht von Bedeutung.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Durch die thermische Expansion bzw. Kontraktion werden Verformungen und Spannungsänderungen in das Gebirge eingetragen, die sich auch auf alle technischen Barrieren im Einflussbereich auswirken. Dadurch entstehen Wechselwirkungen zwischen Gebirge und den geotechnischen Barrieren sowie den Behältern. Die Spannungsänderungen können Wegsamkeiten schaffen oder verschließen. Die mechanischen Auswirkungen im Wirtsgestein werden im FEP „Thermisch bedingte Spannungsänderungen im Wirtsgestein“ berücksichtigt. Im Deckgebirge und am Salzspiegel werden während der Ausdehnung des Wirtsgesteins zughafte Entlastungen und später während der Abkühlung kompressive Verhältnisse wirksam.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Nach einigen zehner Jahren werden im Nahfeld die maximalen Temperaturen erreicht.			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i> Permafrost Wärmeproduktion		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Einlagerungsgeometrie Abfallmatrix: Eigenschaften Eigenschaften der Behälter Versatz: Eigenschaften des Materials Eigenschaften des Verschlussmaterials Wirtsgestein	
<i>Resultierende FEPs:</i> Lokale Differentialbewegungen Thermisch bedingte Spannungsänderungen im Wirtsgestein		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Erkundungssohle Grubengebäude Abfallmatrix: Eigenschaften Eigenschaften der Behälter Versatz: Eigenschaften des Materials	

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.11.02	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.11	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Thermische Expansion und Kontraktion			
		Eigenschaften des Verschlussmaterials Konvergenz Fluiddruck Versatzkompaktion Rissbildung Quellen des Bentonits Gasspeichervolumen Gasfreisetzung aus Grubenbauen Auflockerungszone Wirtsgestein Spannungsumlagerung	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Wird berücksichtigt		<i>Strecken und Schächte:</i> Wird berücksichtigt	
<i>Wirtsgestein:</i> Wird berücksichtigt		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Bemerkungen:</i> Keine			
<i>Literaturquellen:</i>			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.11.03	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.11	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Verdampfen von Wasser			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Als Verdampfen wird der Phasenübergang eines Stoffes vom flüssigen in den gasförmigen Aggregatzustand bezeichnet.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input checked="" type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input checked="" type="checkbox"/> indirekt <input type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.11.03	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.11	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Verdampfen von Wasser			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Das Verdampfen hängt von der Temperatur und dem Druck in der Lösung und in der Gasphase ab. Der Siedepunkt von Wasser bei Atmosphärendruck liegt in Abwesenheit anderer Stoffe bei einer Temperatur von 100°C, für eine gesättigte NaCl-Lösung bei ca. 108°C (Becker et al., 2000). Mit zunehmenden Drücken nimmt die Siedetemperatur des Wassers zu; der kritische Punkt liegt bei etwa 22,1 MPa und 374 °C.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Durch die Wärmeproduktion der eingelagerten hochradioaktive Abfälle können an der Oberfläche der Behälter Temperaturen von bis zu 200°C entstehen und Bereiche im unmittelbaren Einlagerungsbereich auf Temperaturen von mehr als 100°C aufgeheizt werden. Bei diesen Temperaturen kann aus den wässrigen Lösungen in Abhängigkeit ihrer Zusammensetzung und den herrschenden Druckbedingungen Wasser verdampfen.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Das Verdampfen von Wasser aus den wässrigen Lösungen führt zur Ausfällung von Stoffen und zur Bildung von Gasen (siehe FEP „Auflösung und Ausfällung“ bzw. „Gasbildung“). Wenn die Gase entweichen können, stehen die verdampften Lösungen nicht mehr für andere Prozesse zur Verfügung, z.B. Korrosion, Versatzkompaktion. Kondensieren die Dämpfe in kälteren Bereichen des Endlagers, können dort entsprechende Prozesse ausgelöst oder beschleunigt werden.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Das Temperaturmaximum wird nach wenigen 100 Jahren erreicht, nach wenigen 1000 Jahren werden die Temperaturen im Einlagerungsbereich auf unter 100°C fallen und ein Verdampfen von Lösungen ist nicht mehr möglich.			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Fluiddruck, Geochemisches Milieu im Grubengebäude, Wärmeproduktion	
<i>Resultierende FEPs:</i> Auflösung und Ausfällung, Gasbildung		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Fluiddruck, Lösungen im Grubenbau	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Wird berücksichtigt		<i>Strecken und Schächte:</i> Wird berücksichtigt	
<i>Wirtsgestein:</i> Wird berücksichtigt		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Bemerkungen:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.11.03	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.11	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Verdampfen von Wasser			
<i>Literaturquellen:</i> <i>Becker, D.-A.; Bremer, N.-M.; Richter, K.-J.; Schneider, L.; Storck, R. (2000): Experimentelle und theoretische Untersuchung physikalisch-chemischer Vorgänge beim Laugenzutritt in Einlagerungsstrecken. Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, GRS-164, Braunschweig.</i>			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.12.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.12	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Gasbildung			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Durch Korrosion von Metallen, Zersetzung organischer Bestandteile und Radiolyse wird Gas im Endlager gebildet. Voraussetzung für die meisten Gasbildungsprozesse ist die Anwesenheit von Wasser.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input checked="" type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input checked="" type="checkbox"/> indirekt <input type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.12.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.12	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Gasbildung			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Die potenziell wichtigen gasbildenden Prozesse werden detailliert in eigenen FEP (Metallkorrosion, Zersetzung von Organika und Radiolyse) beschrieben. Das FEP „Gasbildung“ stellt die Schnittstelle zwischen diesen Einzelprozessen und den Auswirkungen der Gasbildung im Allgemeinen dar.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Gasbildende Stoffe liegen in den Abfallgebänden und sonstigen metallischen und organischen Stoffen vor. Außerhalb der Einlagerungsorte sind gasbildende Stoffe nur in geringer Menge vorhanden, sofern die potenziell gasbildenden eingebrachten Einbauten und Gerätschaften wieder entfernt werden.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Das gebildete Gas erhöht die Menge der Gase in einem Grubenbau. Die Auswirkungen der Gasbildung hängen stark von den Gasbildungsraten ab (siehe entsprechende FEP der gasbildenden Prozesse). Die gebildeten Gase beeinflussen das chemische Milieu und dadurch vom chemischen Milieu abhängige Prozesse wie z.B. die Korrosion von Abfallmatrices und Behältermaterialien (RSK 2005). Wasserstoffgas kann die Korrosion von Metallen durch Versprödung direkt beeinflussen.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Keine. Die Gasbildung wird jedoch aufhören, sobald die gasbildenden Materialien oder die verfügbare Flüssigkeitsmenge aufgebraucht sind.			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i> Metallkorrosion, Matrixkorrosion, Zersetzung von Organika, Verdampfen von Wasser, Radiolyse		<i>Beeinflussende FEPs:</i>	
<i>Resultierende FEPs:</i> Gasmenge im Grubenbau, Gasförmige Radionuklide		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Geochemisches Milieu im Grubengebäude	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Wird berücksichtigt		<i>Strecken und Schächte:</i> Wird berücksichtigt	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.12.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.12	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Gasbildung			
<i>Bemerkungen:</i> keine			
<i>Literaturquellen:</i> <p><i>Müller-Lyda, I. (ed.) (1997):</i> Erzeugung und Verbleib von Gasen in einem Endlager für radioaktive Abfälle. Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, GRS-129, Braunschweig.</p> <p><i>RSK (Reaktor-Sicherheitskommission) (2005):</i> RSK-Stellungnahme: Gase im Endlager (379. Sitzung). - http://www.rskonline.de/</p> <p><i>Rübel, A.; Noseck, U.; Müller-Lyda, I.; Kröhn, K.-P.; Storck, R (2004):</i> Konzeptioneller Umgang mit Gasen. Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, GRS-205, Braunschweig.</p> <p><i>Schulze, O. (2002):</i> Auswirkung der Gasentwicklung auf die Integrität geringdurchlässiger Barrieregesteine.-- BGR, unveröffentl. Ber.: 142 S., 27 Abb., 4 Tab., Anh. A-G; Hannover.</p>			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.12.02	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.12	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Gasmenge im Grubenbau			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Dieses FEP beschreibt die in einem Grubenbau zu einem bestimmten Zeitpunkt vorliegende Menge an Gasen in absoluten Einheiten.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input checked="" type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input checked="" type="checkbox"/> indirekt <input type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.12.02	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.12	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Gasmenge im Grubenbau			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Die Gasmenge in einem Grubenbau wird zweckmäßig in mol angegeben. Je nach den hydraulischen Gegebenheiten ergibt sich aus dem herrschenden Fluiddruck das von der Gasmenge eingenommene Gasvolumen oder das für die Gasmenge verfügbare Gasvolumen bestimmt den Fluiddruck. Zur Vereinfachung wird dabei für alle Gaskomponenten ideales Verhalten unterstellt. Die nach dem Verschließen des Endlagers entstehenden Gase werden im FEP „Gasbildung“ behandelt.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Zum Zeitpunkt des Verschließens des Endlagers wird die Gasmenge in jedem Grubenbau durch das entsprechende freie Hohlraumvolumen bestimmt. Bei versetzten Strecken wird dieses Volumen durch die durchschnittliche Porosität des Versatzes bestimmt, die anfänglich bei ca. 30 % liegt. Die Gasmenge in einem Grubenbau ist zeitlich nicht konstant. Veränderungen können sich ergeben durch Gasbildungsprozesse, durch Gasmengen, die aus dem Wirtsgestein zutreten und aus benachbarten Grubenbauen zufließen, oder durch Abfließen von Gasen in benachbarte Grubenbaue. Nach Verschließen des Endlagers wird der anfänglich in der Grubenluft enthaltene Sauerstoff durch Korrosions- und Degradationsprozesse verbraucht und ist für langfristige Betrachtungen unbedeutend.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Die Hauptbestandteile der beim Verschließen des Endlagers vorhandenen Gasmenge verhalten sich chemisch inert (N ₂ , Edelgase). Neben Sauerstoff haben lediglich Kohlendioxid und eventuell Methan einen relevanten Einfluss auf das geochemische Milieu im Endlager. Bei den potenziell im Endlager ablaufenden gasbildenden Prozessen entstehen zusätzlich noch Wasserstoff und weitere Kohlenstoffverbindungen. Die insgesamt in einem Grubenbau vorhandene Gasmenge beeinflusst den Fluiddruck und/oder das Gasvolumen.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i> Gasbildung		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Wegsamkeiten in Erkundungsbohrungen, Imprägnierung, Fluidvorkommen im Wirtsgestein	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Fluiddruck, Gasvolumen, Imprägnierung, Gasfreisetzung aus Grubenbauen	

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.12.02	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.12	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Gasmenge im Grubenbau			
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Wird berücksichtigt		<i>Strecken und Schächte:</i> Wird berücksichtigt	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Bemerkungen:</i> keine			
<i>Literaturquellen:</i> RSK (Reaktor-Sicherheitskommission): RSK-Stellungnahme: Gase im Endlager (379. Sitzung). - http://www.rskonline.de/			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Gasmigration im unverritzten Salz			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.12.03	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.12	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Gasvolumen			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Das Gasvolumen ist das Volumen, das in einem Grubenbau von der Gasphase unter den herrschenden Bedingungen eingenommen wird.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input checked="" type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.12.03	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.12	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Gasvolumen			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Je nach den hydraulischen Gegebenheiten ergibt sich das Gasvolumen, das von einer Gasmenge eingenommen wird, aus dem herrschenden Fluiddruck oder die Gasmenge bestimmt bei vorgegebenem Gasvolumen den Fluiddruck. Zur Vereinfachung der Betrachtungen wird dabei für alle Gaskomponenten ideales Verhalten unterstellt.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Bei der ungestörten Entwicklung des Endlagersystems (trockenes Grubengebäude) entspricht das Gasvolumen dem Gesamthohlraumvolumen des Grubenbaus und ergibt sich aus dem freien Porenraum des Versatzes sowie gegebenenfalls aus den Hohlräumen in den Abfallgebänden, in Auflockerungszonen und unter der Firste des Grubenbaus. Bei teilweise lösungserfüllten Grubenbauen hängt das Gasvolumen von Fluiddruck und der Gasmenge im Grubenbau ab.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> In lösungserfüllten Grubenbauen kann eine zusätzliche Gasbildung zu einer Änderung der Volumenverhältnisse der Gas- und der Flüssigkeitsphase führen, wodurch die Konzentrationen der Radionuklide in der Gasphase beeinflusst werden. In Abhängigkeit des Gasspeichervolumens sowie des Fluid- und des Gaseindringdruckes kann Gasbildung zu einer Verdrängung von Flüssigkeiten führen und damit eine Radionuklidfreisetzung beeinflussen.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Erkundungssohle, Grubengebäude, Konvergenz, Fluiddruck, Gasmenge im Grubenbau, Gaseindringdruck	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Fluiddruck, Gasfreisetzung aus Grubenbauen	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Wird berücksichtigt		<i>Strecken und Schächte:</i> Wird berücksichtigt	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Bemerkungen:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.12.03	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.12	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Gasvolumen			
<i>Literaturquellen:</i> RSK (Reaktor-Sicherheitskommission): RSK-Stellungnahme: Gase im Endlager (379. Sitzung). - http://www.rskonline.de/			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.12.04	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.12	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Gasspeichervolumen			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Das Gasspeichervolumen ist der Hohlraum eines Grubenbaus, der maximal von Gasen eingenommen werden kann, wenn der Grubenbau durch eine Lösungssäule abgeschlossen ist.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input checked="" type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input checked="" type="checkbox"/> indirekt <input type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.12.04	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.12	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Gasspeichervolumen			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Das Gasspeichervolumen ist eine fiktive, zeitabhängige Größe. Sie repräsentiert das maximale Volumen, das in einem Grubenbau von Gasen eingenommen und damit in dem Grubenbau unter den gegebenen Bedingungen zurückgehalten werden kann. Das Gasspeichervolumen ist von der Streckenkontur im Firstbereich des Grubenbaus, den geometrischen Verhältnissen am Übergang zu benachbarten Grubenbauen und der residualen Gassättigung im Versatz abhängig. Zeitabhängig verändert sich das Gasspeichervolumen durch die Konvergenz. Das tatsächliche Volumen, das die Gasphase unter den herrschenden Bedingungen in einem Grubenbau einnimmt, wird über das FEP „Gasvolumen“ beschrieben.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Gase werden in den Porenräumen des als Versatz eingebrachten Salzgruses gespeichert. Durch die Profilgestaltung der Strecken ist das Gasspeichervolumen in den Firsten gering, jedoch ist beispielsweise wegen der größeren Höhe der Beschickungsstrecken eine Gasspeicherung in den Firsten dieser Strecken möglich. Eine Speicherung in Hohlräumen der Abfallbinde oder in der Auflockerungszone ist ebenfalls möglich.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> In lösungserfüllten Grubenbauen werden durch verschiedene Prozesse gebildete Gase im Grubenbau gespeichert, bis das Gasvolumen beim herrschenden Fluiddruck dem Gasspeichervolumen entspricht. Gasmengen, die darüber hinaus gebildet werden, können in Abhängigkeit vom Fluid- und Gaseindringdruck zu einer Verdrängung von Flüssigkeiten führen und damit eine Radionuklidfreisetzung beeinflussen. Durch Änderung der Volumenverhältnisse flüssiger und gasförmiger Bereiche in einem Grubenbau werden die Konzentrationen der Schadstoffe in der Gasphase beeinflusst.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i> Erkundungssohle, Grubengebäude		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Konvergenz, Porosität, Thermische Expansion und Kontraktion, Auflockerungszone,	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Gasfreisetzung aus Grubenbauen	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Wird berücksichtigt		<i>Strecken und Schächte:</i> Wird berücksichtigt	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.12.04	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.12	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Gasspeichervolumen			
<i>Bemerkungen:</i> keine			
<i>Literaturquellen:</i> RSK (Reaktor-Sicherheitskommission): RSK-Stellungnahme: Gase im Endlager (379. Sitzung). - http://www.rskonline.de/			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.12.05	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.12	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Gaseindringdruck			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Der Gaseindringdruck ist der Druck, den eine gasförmige Phase zusätzlich zum herrschenden hydraulischen Druck überschreiten muss, um in einem Zweiphasensystem (flüssig, gasförmig) die flüssige Phase in einem porösen Feststoff verdrängen zu können.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input checked="" type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input checked="" type="checkbox"/> indirekt <input type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.12.05	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.12	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Gaseindringdruck			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Aus der Höhe des Gaseindringdruckes entscheidet sich, ob das Gas Porenwasser verdrängt oder ob sich gegebenenfalls Wegsamkeiten in der Wirtsgesteinsformation oder einem Verschlussbauwerk bilden, über die das Gas dann transportiert werden kann. Der Gaseindringdruck ist abhängig von der Porosität. Aus natürlichen Analoga abgeleitete Gaseindringdrücke für unverritztes Steinsalz liegen in einer Größenordnung von 100 MPa (Rübel et al. 2004). Für versetzte Strecken liegen die Gaseindringdrücke in Abhängigkeit von der erreichten Permeabilität deutlich darunter in Größenordnungen zwischen 0,01 und 0,1 MPa, an Streckenverschlüssen sind Werte bis zu 1 MPa zu erwarten (Rodwell 1999).			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Im Normalfall steht Lösung oberhalb des Schachtverschlusses an, ansonsten ist das Grubengebäude nicht mit Lösung gefüllt. Ein Gaseindringdruck ist dann nur am Schachtverschluss zu beachten. Bei gestörten Entwicklungen kann Lösung an verschiedenen Stellen im Grubengebäude auftreten, so dass ein Gaseindringdruck für alle Grubenbaue berücksichtigt werden muss. Dies ist besonders wichtig bei Verschlüssen von Einlagerungsorten, in denen eine Gasbildung stattfindet.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Wird der Gaseindringdruck nach einem Zutritt von Flüssigkeit in das Endlager nicht erreicht, bleiben Gase in dem Grubenbau eingeschlossen. Bei einem Aufbau von sehr hohen Drücken können sich gegebenenfalls Wegsamkeiten im umgebenen Gestein bilden. Wird der Gaseindringdruck dagegen überschritten, kann ein Gasstrom über ein Verschlussbauwerk (oder eine andere Wegsamkeit) einsetzen.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i> Wirtsgestein		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Eigenschaften des Verschlussmaterials, Porosität, Geosphäre: Eigenschaften der Transportpfade	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Lösungszutritt in Grubenbaue, Gasvolumen, Gasfreisetzung aus Grubenbauen,	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Wird berücksichtigt		<i>Strecken und Schächte:</i> Wird berücksichtigt	

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.12.05	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.12	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Gaseindringdruck			
<i>Wirtsgestein:</i> Wird berücksichtigt		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Bemerkungen:</i> keine			
<i>Literaturquellen:</i> <p><i>Rodwell, W.R. (1999):</i> Gas migration and two phase flow through engineered and geological barriers for a deep repository for radioactive waste, a joint EC/NEA Status Report. European Commission & Nuclear Energy Agency, EUR 19122 EN, Brüssel.</p> <p><i>RSK (Reaktor-Sicherheitskommission) (2005):</i> RSK-Stellungnahme: Gase im Endlager (379. Sitzung). - http://www.rskonline.de/</p> <p><i>Rübel, A.; Noseck, U.; Müller-Lyda, I.; Kröhn, K.-P.; Storck, R. (2004):</i> Konzeptioneller Umgang mit Gasen. Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, GRS-205, Braunschweig.</p>			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.12.06	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.12	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Imprägnierung			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Bei Gasdrücken im Niveau des lithostatischen Überlagerungsdruckes kann das in einem Hohlraum vorhandene Gas unter Bildung von fein verteilten Wegsamkeiten in das Wirtsgestein Salz eindringen.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input checked="" type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input checked="" type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Wirtsgestein			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.12.06	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.12	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Imprägnierung			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i>			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Der lithostatische Druck im Bereich der Erkundungssohle und der Einlagerungssohle beträgt ca. 18 MPa. Sofern sich infolge Konvergenz oder Gasentwicklung Gasdrücke in dieser Größenordnung aufbauen, wird das Gas das Wirtsgestein imprägnieren (<i>Schulze 2002</i>).			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Die imprägnierten Gebirgsbereiche weisen eine höhere Permeabilität als das unbeeinflusste Wirtsgestein auf. Das Ausmaß des imprägnierten Bereich hängt von der Gasmenge ab, die in das Wirtsgestein gewandert ist. Es liegen keine Hinweise vor, dass sich infolge eines Eindringens des Gases in das Wirtsgestein dessen Kriechfähigkeit verändert.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Gasmenge im Grubenbau, Wirtsgestein	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Fluiddruck, Gasmenge im Grubenbau	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Wirtsgestein:</i> Wird berücksichtigt		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Bemerkungen:</i> keine			
<i>Literaturquellen:</i> <i>Schulze, O. (2002):</i> Auswirkung der Gasentwicklung auf die Integrität geringdurchlässiger Barrieregesteine.-- BGR, unveröffentl. Ber.: 142 S., 27 Abb., 4 Tab., Anh. A-G; Hannover.			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.12.07	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.12	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Gasfreisetzung aus einem Grubenbau			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Bei Gasdrücken im Niveau des lithostatischen Überlagerungsdruckes kann das in einem Hohlraum vorhandene Gas unter Bildung von fein verteilten Wegsamkeiten in das Wirtsgestein Salz eindringen.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input checked="" type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input checked="" type="checkbox"/> indirekt <input type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.12.07	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.12	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Gasfreisetzung aus einem Grubenbau			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Gas entweicht aus einem Grubenbau sobald ein höherer Fluiddruck als in den angrenzenden Bereichen und eine Wegsamkeit mit einer entsprechenden Gaspermeabilität vorliegen. Der Druckgradient kann z.B. durch Gasbildungsprozesse oder Konvergenz verursacht werden. Bei Anwesenheit von Flüssigkeit im Grubenbau wird die Freisetzung von Gasen zusätzlich vom Gaseindringdruck beeinflusst.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Aufgrund der Konvergenz im Steinsalz wird sich der Fluiddruck in den Grubenbauen mit der Zeit erhöhen. Durch diesen Druckanstieg werden Gase aus den Grubenbauen freigesetzt. Im Fall der ungestörten Entwicklung des Endlagersystems steht Lösung oberhalb des Schachtverschlusses an, unter Berücksichtigung des Gaseindringdruckes am Schachtverschluss ist eine Gasfreisetzung aus dem Endlagerbergwerk zu erwarten. Bei gestörten Entwicklungen kann an verschiedenen Stellen im Grubengebäude Lösung auftreten, so dass eine Gasfreisetzung für die entsprechenden Grubenbaue in Abhängigkeit vom Fluiddruck, dem Gaseindringdruck und dem Gasspeichervolumen erfolgt.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Bei Anwesenheit von Radionukliden kann die Freisetzung von Gasen in einem Transport von Radionukliden in der Gasphase resultieren. Bei lösungserfüllten Grubenbauen kann es zu einer Verdrängung von Flüssigkeit kommen.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Wegsamkeiten in Erkundungsbohrungen, Fluiddruck, Rissbildung, Umläufigkeiten, Thermische Expansion und Kontraktion, Gasmenge im Grubenbau, Gasvolumen, Gasspeichervolumen, Gaseindringdruck, Auflockerungszone, Fluidvorkommen im Wirtsgestein	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i>	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Wird berücksichtigt		<i>Strecken und Schächte:</i> Wird berücksichtigt	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.12.07	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.12	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Gasfreisetzung aus einem Grubenbau			
<i>Bemerkungen:</i> keine			
<i>Literaturquellen:</i>			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.12.08	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.12	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Zündfähige Gasgemische			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Ein zündfähiges Gasgemisch liegt vor, wenn das Gas bei Vorliegen einer Zündquelle explosionsartig reagieren kann.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input checked="" type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input checked="" type="checkbox"/> indirekt <input type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.12.08	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.12	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Zündfähige Gasgemische			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Durch Korrosion von Metallen können große Mengen von Wasserstoff-Gas entstehen. In Gegenwart von (Luft-)Sauerstoff kann ein zündfähiges Gasgemisch entstehen, das explosionsartig reagieren kann (die Explosionsgrenzen liegen bei mehr als 4 und weniger als 75,6 Volumen-Prozent Wasserstoff gegenüber Luft).			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Gasförmiger Sauerstoff liegt aus der eingeschlossenen Grubenluft vor, so dass bei Bildung von Wasserstoffgas prinzipiell ein zündfähiges Gasgemisch möglich ist. Unter Berücksichtigung der Anordnung und Größe von Gasspeichervolumina ist zu gewährleisten, dass kein zündfähiges Gasgemisch existieren kann. Da der Sauerstoff im verschlossenen Endlager sehr schnell durch aerobe Korrosionsprozesse aufgezehrt wird, ist das Auftreten zündfähiger Gasgemische sehr unwahrscheinlich. Zusätzlich dient der als Versatz eingebrachte Salzgrus als Flammensperre und verhindert die Fortpflanzung von eventuell entstehenden Flammenfronten. Dies gilt sowohl für den Fall, dass die Zündung der Gemische im Innern der Schichten erfolgt, als auch für den Fall, dass die Übertragung von einem Hohlraum in einen anderen verhindert werden soll (<i>Barnert & Wetzler 1998</i>).			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Käme es zu einer Zündung eines Gasgemischs, so können die dabei entstehenden hohen Drücke zu mechanischen Verformungen führen. Dabei wären Rissbildungen im Wirtsgestein sowie Versagen von Verschlussbauwerken möglich. Die Auswirkungen solcher Explosionen werden im Salzgestein aber nur als gering eingeschätzt (<i>Alheid et al. 1995, Schneider et al. 1997</i>).			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> In der Anfangszeit nach Verschluss des Endlagerbergwerkes bei Vorhandensein von genügend Sauerstoff.			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i>	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i>	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.12.08	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.12	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Zündfähige Gasgemische			
<i>Bemerkungen:</i> keine			
<i>Literaturquellen:</i> <p><i>Alheid, H.-J., Boehme, J., Bornemann, O., Brennecke (Bfs), P., Delisle, G., Diekmann, N., Fischbeck, R., Giesel, W., Heusermann, S., Hunsche, U., Jaritz, W., Klinge, H., Leydecker, G., Ludwig, R., Schelkes, K., Schulze, O. & Zirngast, M. (1995):</i> Projekt Gorleben. Stellungnahme zu Gutachten, die im Auftrag des NMU zur Eignungshöflichkeit des Standortes Gorleben angefertigt wurden. Abschlußbericht zum Arbeitspaket 9G/31461000 (Koordination: JARITZ, W.)-- BGR, unveröffentl. Ber., 114026: 134 S., 16 Abb.; Hannover.</p> <p><i>Barnert, E. & Wetzler, H. (1998):</i> Die Löschwirkung von Salzgrus als Flammensperre. Berichte des Forschungszentrums Jülich Jül-3494, Jülich.</p> <p><i>Müller-Lyda, I. (ed. (1997)):</i> Erzeugung und Verbleib von Gasen in einem Endlager für radioaktive Abfälle. Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, GRS-129, Braunschweig.</p> <p><i>Schneider, L., Bertram, W., Herzog, C., Krause, H. & Sachse, C. (1997):</i> Auswertung von russischen Experimenten zum Nachweis der Stabilität von Salzdomen nach Freisetzung extremer Energiemengen im Steinsalzmassiv.-- Stoller Ingenieurtechnik GmbH, unveröffentl. Abschlußbericht, SIG- 04/97: 176 S., 42 B., 41 Tab., 6 Anl.; Dresden.</p>			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.13.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.13	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Strahlungsinduzierte Aktivierung			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Als strahlungsinduzierte Aktivierung wird die Bildung von radioaktiven Nukliden bezeichnet, die durch Kernreaktionen nach Absorption von Neutronen ausgelöst wird.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input checked="" type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung		<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs	
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.13.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.13	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Strahlungsinduzierte Aktivierung			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Durch die ionisierende Strahlung der eingelagerten Abfälle können alle Materialien in der Nähe der Abfälle durch Kernreaktionen beeinflusst werden. Insbesondere können dabei radioaktive Isotope gebildet werden. Dies wird als Aktivierung bezeichnet.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Strahlungsinduzierte Aktivierung spielt insbesondere eine Rolle bei der Reaktion des Inventars mit der Abfallmatrix und dem Behältermaterial. Durch die von den dünnwandigen Abfallbehältern (CSD-C, BSK) emittierte Neutronenstrahlung kommt es im Wirtsgestein bzw. im Versatz des Bohrlochs in einer Umgebung von einigen Metern durch strahlungsinduzierte Aktivierung von stabilen Elementen des Wirtsgesteins zur Bildung sekundärer γ -Quanten und zu Elementumwandlungen. Die Neutronendosis nimmt infolge der größeren Eindringtiefe im Steinsalz mit wachsendem Abstand von der Behälterwand langsamer ab, als die jeweilige γ -Dosis der Abfälle.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Durch die Entstehung von zusätzlichen Radionukliden durch Neutronenaktivierung in den metallischen Bestandteilen im Endlager nimmt das Inventar im Grubengebäude zu. Potenziell relevante Aktivierungsprodukte sind ^{36}Cl , ^{41}Ca , ^{60}Fe , ^{108}Ag und ^{166}Ho . Allerdings ist das Ausmaß des Neutronenaktivierungsprozesses im Endlager nicht bekannt, er wird aber vermutlich nur eine untergeordnete Rolle spielen. Der Absolutwert der sekundären γ -Dosis, die durch strahlungsinduzierte Aktivierung im Wirtsgestein erzeugt wird, liegt um mehrere Größenordnungen unter der γ -Dosis der Abfälle (Gies 1993). Alle zusätzlich gebildeten Radionuklide müssen prinzipiell bilanziert werden, ihre Menge ist aber voraussichtlich vernachlässigbar.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i> Radioaktiver Zerfall		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Inventar: Metalle	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Inventar: Radionuklide, Inventar: Metalle	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Wird berücksichtigt		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Wirtsgestein:</i> Wird berücksichtigt		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.13.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.13	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Strahlungsinduzierte Aktivierung			
<i>Bemerkungen:</i> keine			
<i>Literaturquellen:</i> <i>Gies, H.; Hild, W.; Kühle, T. Mönig, J. (1993):</i> Strahleneffekte im Steinsalz - Statusbericht. GSF-Report 9/93, München.			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Ausmaß der Neutronenaktivierung in den metallischen Bestandteilen der Brennelementen bei den im Endlager herrschenden Neutronendosen			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.13.02	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.13	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Materialversprödung durch Strahlung			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Durch ionisierende Strahlung werden Materialgefüge beeinträchtigt, so dass es in der Folge zu einer Abnahme der Festigkeit der Materialien (Versprödung) kommen kann.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input checked="" type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung		<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs	
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input checked="" type="checkbox"/> indirekt <input type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.13.02	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.13	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Materialversprödung durch Strahlung			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Diese Beeinträchtigungen entstehen einerseits durch Änderungen der Struktur der Elektronenhüllen, womit die chemische Bindung zwischen den Atomen eines Stoffes beeinflusst wird. Andererseits können Atome durch Kernstöße im Atomverband verlagert oder nach Kernreaktionen in andere Atome umgewandelt werden. Der Umfang der Schädigung des Materials sind von der Intensität und der Strahlungsart abhängig (<i>Vogt et al. 2004</i>). Die Intensität der Strahlung wird vor allem von den kurzlebigen Radionukliden bestimmt. Modelltechnisch wird Materialversprödung in den Korrosionsraten und den Ausfallfunktionen der Behälter berücksichtigt.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Es sind hauptsächlich die Metalle der Behälter und die Glasmatrixes der eingelagerten Abfälle betroffen.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Materialversprödung kann zu Behälterausfall und gegenüber unbeeinflussten Matrixes zu einer erhöhter Freisetzung von Radionukliden aus der Glasmatrix oder der Brennstoffmatrix führen.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Wirksam insbesondere auf Behältermaterialien bei Vorhandensein kurzlebiger Radionuklide innerhalb der ersten tausend Jahre nach Verschluss des Endlagerbergwerkes.			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i> Radioaktiver Zerfall		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Inventar: Metalle, Eigenschaften der Behälter	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Abfallmatrix: Eigenschaften, Eigenschaften der Behälter, Metallkorrosion	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Wird berücksichtigt		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Bemerkungen:</i> keine			
<i>Literaturquellen:</i> <i>Vogt, H.-G. & Schultz, H. (2004):</i> Grundzüge des praktischen Strahlenschutzes.- 3. Auflage: 585 S., 158 Abb., 56 Tab., 76 Diagr.; München (Hanser).			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.13.02	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.13	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Materialversprödung durch Strahlung			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.13.03	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.13	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Radiolyse			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Unter Radiolyse versteht man die Veränderung chemischer Verbindungen durch die Einwirkung ionisierender Strahlung. Mögliche Veränderungen sind z.B. eine Dissoziation von Molekülen oder die Bildung von Radikalen. Bei Anwesenheit von Lösungen ist vor allem die Radiolyse von Wasser relevant.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input checked="" type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input checked="" type="checkbox"/> indirekt <input type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.13.03	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.13	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Radiolyse			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Solange der Abfall durch den Behälter physikalisch von dem umliegenden Endlagergestein bzw. vorhandener Lösung getrennt ist, sind nur die Auswirkungen der Radiolyse durch γ - und Neutronenstrahlung zu betrachten. Im Falle eines direkten Kontaktes zwischen Lösungen und Abfall erfolgt die Radiolyse der Lösungen zunächst im Wesentlichen durch γ -Strahlung. Nach etwa 500 Jahren wird wegen des Zerfalls wichtiger γ - und β -Strahler, die durch α -Strahlung des Abfalls verursachte Radiolyse (<i>Grambow et al. 1996</i>) dominieren.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Die Absorption von γ -Strahlung im Steinsalz führt über einen komplexen Mechanismus letztlich zur Bildung der Radiolyseprodukte Na-Kolloide und Chlorgasbläschen, die in voneinander getrennten Bereichen im NaCl-Kristall dispers verteilt vorliegen, so dass die Strahlendefekte gegen unmittelbare Rekombination bestehen bleiben. Damit ist die Speicherung der Ionisationsenergie verbunden. Nennenswerte Mengen von Gasen, z.B. Cl_2 , werden nicht freigesetzt (<i>Müller-Lyda 1997</i>). In ihrem Perkolationsmodell nehmen <i>Den Hartog, H. W. et al. (1994)</i> an, dass die getrennten Bereiche feingliedrig vernetzt sind und sich wechselseitig durchdringen (Perkolation). Wird nun im Zuge andauernder Bestrahlung lokal ein kritischer Abstand unterschritten, wird an dieser Stelle die spontane Rückreaktion zum Natriumchlorid thermisch aktivierbar. Ist Wasser in der Nähe der Radiolyseprodukte verfügbar, reagiert das metallische Natrium der Na-Kolloide unter Bildung von Wasserstoff (<i>Gies et al. 1993, Schulze 2002</i>). $\text{Na-Kolloid} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NaOH} + \frac{1}{2} \text{H}_2$. Durch die direkte Radiolyse von Wasser kann es je nach Menge des vorhandenen Wassers ebenfalls zur Gasbildung kommen.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Die Energiespeicherung ist in radialer Richtung auf einen Bereich von maximal 50 cm um ein Einlagerungsbohrloch begrenzt. Dieser Effekt ist aber nur zu berücksichtigen, nachdem eine genügend hohe γ -Dosis im Steinsalz absorbiert worden ist, d.h. wenn die Abfälle in dünnwandigen Behältern eingebracht werden. Die spontane Rekombination der Radiolyseprodukte unter Freisetzung der gespeicherten Energie kann nicht vollständig ausgeschlossen werden. Mögliche Auswirkungen dieses Prozesses auf die Integrität des Wirtsgestein werden aber als gering eingestuft (<i>Gies et al. 1993, Mönig 1997</i>). Durch Radiolyse von Lösungen können unter anderem gasförmige Verbindungen entstehen (Radiolysegasbildung). Nach <i>Röhlig et al. (1999)</i> und <i>Schulze (2002)</i> ist die Gasbildung infolge Radiolyse um zwei bis drei Größenordnungen kleiner als die durch Korrosion und mikrobielle Zersetzung verursachte Gasbildung. Da die am Standort endgelagerten Abfälle allerdings keine nennenswerten Mengen an Wasser enthalten, werden derartige Radiolyse-Reaktionen von Wasser erst bei gestörten Entwicklungen, z.B. Zutritt von Lösungen aus dem Deck- oder Nebengebirge wirksam.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Die Wirksamkeit nimmt mit der Strahlungsintensität ab, mehr als 90% der γ -Strahlungsenergie werden innerhalb der ersten 100 Jahre frei.			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.13.03	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.13	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Radiolyse			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i> Radioaktiver Zerfall		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Eigenschaften der Behälter, Lösungen im Grubenbau, Geochemisches Milieu im Grubengebäude	
<i>Resultierende FEPs:</i> Wärmeproduktion, Gasbildung		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Abfallmatrix: Zusammensetzung, Abfallmatrix: Eigenschaften, Versatzmaterial, Versatz: Eigenschaften des Materials, Lösungen im Grubenbau, Geochemisches Milieu im Grubengebäude, Wirtsgestein, Fluidvorkommen im Wirtsgestein	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Wird berücksichtigt		<i>Strecken und Schächte:</i> Wird berücksichtigt	
<i>Wirtsgestein:</i> Wird berücksichtigt		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Bemerkungen:</i> keine			
<i>Literaturquellen:</i> <p><i>Gies, H.; Hild, W.; Kühle, T. Mönig, J. (1993):</i> Strahleneffekte im Steinsalz - Statusbericht. GSF-Report 9/93, München.</p> <p><i>Grambow, B., Loida, A. & Smailos, E. (1996):</i> Langzeitstabilität von Abfallgebinden und abgebranntem Kernbrennstoff gegenüber Korrosion unter Endlagerbedingungen. Direkte Endlagerung; Sammlung der Vorträge anlässlich der Abschlußveranstaltung am 7. und 8. Dezember 1995 in Karlsruhe.-- FZK, Technik u. Umwelt, PTE, Wiss. Ber., FZKA-PTE Nr. 2: 213-267, 13 Abb.; Karlsruhe.</p> <p><i>Müller, W.; Morlock, G.; Gronemeyer, C. (1991):</i> Produktion und Verbleib von Gasen im Grubengebäude eines salinaren Endlagers. – GSF-Bericht 3/92, Braunschweig, 1991.</p> <p><i>Müller-Lyda, I (1997):</i> Erzeugung und Verbleib von Gasen in einem Endlager für radioaktive Abfälle. Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Bericht GRS-129, Braunschweig.</p> <p><i>Röhlig, K.-J., Baltés, B., Becker, A., Bogorinsky, P., Fischer, H., Fischer-Appelt, K., Javeri, V., Lambers, I., Martens, K.-H., Morlock, G. & Pörtl, P. (1999):</i> Sicherheit in der Nachbetriebsphase von Endlagern für radioaktive Abfälle, Abschlußbericht.-- Ges. f. Anl.- u. Reaktorsicherheit mbH, GRS- A-2656: 155 S., 61 Abb., 7 Tab.; Köln.</p>			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.13.03	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.13	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Radiolyse			
<i>Schulze, O. (2002):</i> Auswirkung der Gasentwicklung auf die Integrität geringdurchlässiger Barrieregesteine.-- BGR, unveröffentl. Ber.: 142 S., 27 Abb., 4 Tab., Anh. A-G; Hannover.			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.14.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.14	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Erreichen einer kritischen Ansammlung (Kritikalität)			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Unter Kritikalität wird ein Zustand verstanden, bei dem spaltbares Material in einer solchen Anordnung vorliegt, dass eine sich selbst erhaltende Kettenreaktion stattfindet (Kernspaltung), d.h. die Neutronenproduktionsrate ist gleich oder größer als die Neutronenverlustrate. Dieser Zustand könnte eintreten, wenn eine Mindestmenge spaltbarer Stoffe in einer geeigneten räumlichen Anordnung vorliegt und andere Einflussgrößen (z.B. das richtige Moderationsverhältnis) gegeben sind.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input checked="" type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.14.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.14	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Erreichen einer kritischen Ansammlung (Kritikalität)			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Bei einer Kettenreaktion in einem Endlager würde sich lokal die Temperatur so stark erhöhen, dass das umgebende Wasser – das als Neutronen-Moderator notwendig ist – verdampft, wodurch die Reaktion zum Stillstand kommen würde. Durch die Reaktion würden neue Radionuklide erzeugt, die bei der Bilanzierung des radioaktiven Inventars zu berücksichtigen wären. Auch die Wärmeproduktion durch den Prozess sowie mechanische Auswirkungen (Ausdehnung des Fluids, usw.) wären zu berücksichtigen.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Durch eine geeignete Beladung der Endlagerbehälter können kritische Konstellationen intakter Brennstäbe ausgeschlossen werden. Theoretisch möglich wäre eine kritische Anreicherung durch Auflösung des Brennstoffs und anschließender Ausfällung des Urans als neue Mineralphase. Für die damit einhergehende Volumenvergrößerung dürfte jedoch aufgrund der Gebirgskonvergenz kein Raum bestehen (<i>Gmal et al. 2004</i>). Eine z.B. durch gebirgsmechanische Prozesse sekundär gebildete kritische Anordnung wird ebenfalls ausgeschlossen (<i>Kienzler et al. 2003</i>).			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Am Referenzstandort werden die oben genannten Auswirkungen ausgeschlossen.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i>	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i>	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Bemerkungen:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.14.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.14	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Erreichen einer kritischen Ansammlung (Kritikalität)			
<i>Literaturquellen:</i> <p><i>Gmal, B., Hesse, U. Hummelsheim, K., Kilger, R., Krzykasc.Hausmann, B & Moser, E. F (2004).: Untersuchungen zur Kritikalitätssicherheit in der Nachbetriebsphase eines Endlagers für ausgediente Kernbrennstoffe in unterschiedlichen Wirtsgesteinsformationen, Bericht GRS-A-3240, Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, München.</i></p> <p><i>Kienzler, B.; Loida, A.; Maschek, W.; Rineiski, A. (2003): Is criticality a matter of concern for Gorleben?- 2003 Internat.High Level Radioactive Waste Management Conf., Las Vegas, Nev. March 30 - April 2, 2003.</i></p>			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.2.01.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.2.01	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Auflockerungszone			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Eine Auflockerungszone ist ein konturnah begrenzter und geschädigter Bereich des den Hohlraum umgebenden Wirtsgesteins, wobei dessen Schädigung und die daraus ggf. resultierende Sekundärpermeabilität durch die auffahrungsbedingte Störung des Primärspannungszustandes und die damit verbundene Spannungsumlagerung von der Hohlraumkontur ins Gebirge hinein entstanden ist.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input checked="" type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung		<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs	
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input checked="" type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Strecken- und Schachtverschlüsse			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.2.01.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.2.01	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Auflockerungszone			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i>			
<p>Durch die Erstellung von untertägigen Hohlräumen wird der Primärspannungszustand in der Salzstruktur verändert. Die Radialspannungen um den Hohlraum gehen an der Kontur auf Null, gleichzeitig steigen die Axial- und insbesondere die Tangentialspannungen an und erhöhen die Spannungsdifferenz, den Deviator. Abhängig von der Temperatur des Salzgebirges, den Nebengemengteilen im Steinsalz und ihrer Verteilung, Spannungsüberlagerungen aus benachbarten Hohlräumen oder hervorgerufen aus den Abfällen (Aufheizung), kann sich das Salz über das reine Kriechen hinaus deformieren und mit Rissbildungen (Dilatanz, Bruch) und der Ausbildung einer Auflockerungszone (ALZ) reagieren. Diese ist zunächst auf die unmittelbare Umgebung der Hohlräume begrenzt (bis wenige Dezimeter). Die gebildeten Risse können netzartig miteinander verbunden sein. Aufgrund der Ausrichtung der Tangentialspannung kommt es zu den typischen Schalenbildungen von den sich ablösenden Gesteinspartien. In der Auflockerungszone kann es im Vergleich zur Gebirgspermeabilität erhöhten Sekundärpermeabilität kommen. Aufgrund der erhöhten Sekundärpermeabilität hat die Auflockerungszone bei der Modellierung der Freisetzung eine besondere Bedeutung, da sie einen potenziellen Fließpfad für Fluide in die Grubenbaue hinein und aus den Grubenbauen heraus darstellt.</p> <p>Eine durch Rissbildung um Hohlräume entstandene Auflockerungszone kann wieder verheilen, wenn die Hohlraumkontur auf einen Festkörper (Schacht- und Streckenverschlüsse, Versatz, Abfallbehälter) konvergiert und somit eine Stützwirkung gegen die Konvergenz erfolgt. Dabei werden die Risse zunächst mechanisch zusammengedrückt, wobei sich die Rissflanken weitgehend aufeinanderlegen und sich die Risse schließen. Aufgrund von Rauigkeiten der Rissoberflächen können noch Restrisse geöffnet bleiben, wobei das viskoplastische Kriechverhalten des Salzes die Schließung dieser noch geöffneten Restrisse bei vorhandenem Stützdruck weiter vorantreiben wird. Sind Fluide in den Restrisse eingeschlossen, ohne dass sie entweichen können, stellt sich ein Druckgleichgewicht ein, das den Schließungsprozess zum Erliegen bringt. Können die Fluide restlos entweichen, kann die Konvergenz zur vollständigen Schließung der Auflockerungszone führen, wobei auch durch Kristallbildung unter Anwesenheit von Feuchte eine Verheilung der Risse stattfinden kann. Für rechnerische Analysen zur Barrierenintegrität müssen vor allem die Schädigungsgrenze (= Dilatanzgrenze) und die Verheilungsgrenze von Steinsalz als dem maßgebenden Wirts- und Barrierengestein ermittelt und zusammen mit physikalischen Modellen zur Beschreibung des Schädigungs- und des Verheilungsprozesses in die bestehenden Stoffmodelle integriert werden, um beanspruchungsabhängig das dilatante oder kontraktante Verhalten des Materials bei Überschreitung der Schädigungsgrenze bzw. bei Unterschreitung der Verheilungsgrenze numerisch simulieren zu können. Auflockerungszonen im Nahbereich von Hohlräumen mit erhöhter Permeabilität können bei entsprechenden Spannungszuständen infolge einer Reduzierung der deviatorischen Gebirgsbeanspruchung und Erhöhung der isotropen Gebirgsbeanspruchung durch Rückbildung der Schädigungen in ihrem mechanisch-hydraulischen Zustand wieder verbessert werden, z.B. durch konvergenzbedingten Kontaktspannungsaufbau im Bereich versetzter Grubenbaue oder von Schacht- und Streckenverschlüssen mit entsprechender Spannungsumlagerung. Bei der Modellierung/Simulation langzeitiger Entwicklungen des jeweiligen Endlagersystems und seiner Komponenten im Rahmen von Sicherheitsanalysen ist die Einbeziehung der Schädigungsrückbildung durch Riss-schließung und Rissverheilung neben der Beurteilung bautechnischer Maßnahmen zur Vergütung der Auflockerungszone unerlässlich.</p>			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.2.01.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.2.01	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Auflockerungszone			
<p>In den vergangenen Jahren wurden mehrere Stoffmodelle für Steinsalz entwickelt, die die Schädigungs- und Dilatanzentwicklung berücksichtigen. Zu nennen sind sie Stoffmodelle des IfG (Minkley), der TU Clausthal (Hou/Lux), der BGR (CDM – Composite Damage Modell), der Universität Hannover (IUB-MDCF) und des Forschungszentrums Karlsruhe (Stoffmodell mit transientem, stationärem Kriechen und Berücksichtigung der Dilatanz), die in einem vom BMBF geförderten Verbundvorhaben mit dem Titel „Die Modellierung des mechanischen Verhaltens von Steinsalz: Vergleich aktueller Stoffgesetze und Vorgehensweisen“ (BMBF, 2006) vorgestellt und beschrieben werden. International sind aus dem nordamerikanischen Raum die Stoffmodelle SUVIC-D (Aubertin, 1993) und das MDCF- Stoffmodell (Multimechanism Deformation Coupled Fracture) von Chan et al. (1992, 1994) schon länger bekannt. Ein von Chan et al. (1995) entwickelter Verheilungsansatz wurde jedoch nicht in das zuvor entwickelte MDCF-Schädigungsstoffmodell implementiert und ist somit auch nicht zur numerischen Anwendung gekommen. Im Rahmen eines BMBF-Forschungsvorhabens (Lux et al., 2006) wurde ein neuer Verheilungsansatz (phs-Verheilungsansatz) entwickelt, der bereits in Validationsberechnungen numerisch angewendet worden ist. Bezüglich des phs-Verheilungsansatzes ist noch weiterer Forschungsbedarf vorhanden. Durch die Anwendung eines Verheilungsstoffmodells kann in Langzeitanalysen die Schädigungs- und Permeabilitätsrückbildung in Auflockerungszonen prognostiziert werden. Entsprechende Stoffmodelle befinden sich in der Entwicklung (Lux et al., 2006).</p>			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i>			
<p>Bei allen untertägigen Hohlräumen bildet sich eine Auflockerungszone aus. Im geschlossenen Endlager konvergiert das Gebirge auf den Versatz, bis dieser tragfähig wird und einen Stützdruck auf die Hohlraumkontur ausübt, so dass eine Rückbildung der Auflockerungszone erfolgen kann. Die Größe der Auflockerungszone für Einzelhöhlräume, deren Nahfeldwirkungen sich nicht überlagern ist in der Regel kleiner als der Hohlraumdurchmesser für Strecken selbst und beschränkt auf wenige Dezimeter bis Meter. Die Auflockerungszone ist vor der Errichtung von Schacht- und Streckenverschlüssen in den Bereichen dieser Bauwerke zu entfernen und soweit möglich mit geeigneten bautechnischen Maßnahmen abzudichten. Die Auflockerungszonen der jeweiligen Grubenbaue dürfen sich nicht überlagern und nicht in Wechselwirkung miteinander treten, da dies einem Kurzschluss der Wirtsgesteinsbarriere im Freisetzungspfad gleichkäme. Dieser Sachverhalt wird bei der Auslegung des Endlagers berücksichtigt. Es muss nachgewiesen werden, dass die Auflockerungszonen um die Hohlräume nicht zu vernetzten Rissystemen und damit zu einer Verschlechterung der Wirtsgesteinseigenschaften führt.</p>			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i>			
<p>Die Auflockerungszone stellt durch die Bildung einer Sekundärpermeabilität einen potentiellen Fließpfad zum Eindringen von Fluiden und einen Ausbreitungspfad von Fluiden und den darin enthaltenen Radionukliden dar. Ein vollständiger Verschluss von Rissen der Auflockerungszone durch die Konvergenz führt bei einer Verheilung zur hydraulischen Undurchlässigkeit des verheilten Bereichs, bei einer teilweisen Rückbildung der Auflockerung zu einer Verringerung der Durchlässigkeit.</p>			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.2.01.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.2.01	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Auflockerungszone			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Bei einer ausreichenden Verfüllung der Hohlräume und durch Konvergenzvorgänge werden die Hohlraumkonturen bereits wenige hundert Jahre nach dem Abwerfen von Grubenteilen und nach der Schließung des Endlagers gestützt, so dass sich keine ALZ mehr ausbilden kann. Entstandene Risse können sich begleitet von einer entsprechenden Reduzierung der Permeabilität wieder schließen.			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs</i> Rissbildung Spannungsumlagerung		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Eigenschaften des Verschlussmaterials Fehlerhafte Erstellung eines Verschlussbauwerks Konvergenz Thermische Expansion und Kontraktion Wirtsgestein Thermisch bedingte Spannungsänderungen im Wirtsgestein	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Versatzkompaktion Mechanisches Versagen eines Verschlussbauwerks Porosität Umläufigkeiten Volllaufen von Grubenbauen Quellen des Bentonits Gasspeichervolumen Gasfreisetzung aus Grubenbauen Matrixdiffusion	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Wird berücksichtigt		<i>Strecken und Schächte:</i> Wird berücksichtigt	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Bemerkungen:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.2.01.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.2.01	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Auflockerungszone			
<i>Literaturquellen:</i>			
<p><i>Lux et al. (2006):</i> Forschungsvorhaben: Weiterentwicklung eines Prognosemodells zum Barrierenintegritäts- und Langzeitsicherheitsnachweis für Untertagedeponien mit besonderer Berücksichtigung von Gefügeschädigung und Schädigungsverheilung auf der Grundlage der Continuum-Damage-Theorie, BMBF-Forschungsvorhaben 02C0720, TU Clausthal, 2006</p> <p><i>Lux, K.H., Eberth, S. (2007):</i> Fundamentals and First Application of an new Healing Model for Rock Salt, Proceedings of the 6th Conference of Saltmechanics, Hannover, AA. Balkema</p> <p><i>Aubertin, M.; Sgaoula J. & Gill, D. E. (1993):</i> A Damage Model for Rock Salt: Application to Tertiary Creep. 7th Symposium on Salt, Vol. 1</p> <p><i>Chan, K. S., Brodsky, N. S., Fossum, A. F., Bodner, S. R, Munson, D. E., (1994):</i> Damage-induced nonassociated inelastic Flow in Rock Salt, International Journal of Plasticity, Vol. 10, No. 6</p> <p><i>Chan et al. (1992):</i> A Constitutive Model for inelastic Flow and Damage Evolution in Solids under triaxial Compression, Mechanics of Materials, 14</p> <p><i>BMBF (2006):</i> „Die Modellierung des mechanischen Verhaltens von Steinsalz: Vergleich aktueller Stoffgesetze und Vorgehensweisen“, Verbundvorhaben Stoffgesetzvergleich, einzelne Teilberichte mit den Förderkennzeichen 02C1004 bis 02C1054</p> <p><i>Chan, K.S.; Fossum, A.F.; Bodner, S.R. & Munson, D.E. (1995):</i> Constitutive Representation of Damage Healing in WIPP salt. Proc. of the 35th U.S. Symposium on Rock Mechanics, Daemen and Schulz (eds.), Balkema, Brookfield</p>			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i>			
Verständnis der Verheilungsphase			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.2.02.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.2.02	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Wirtsgestein			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Das FEP umfasst die Eigenschaften des Wirtsgesteins wie Aufbau, Zusammensetzung der Gesteine, seine Festigkeit und Fließfähigkeit.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input checked="" type="checkbox"/> Randbedingung			<input type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.2.02.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.2.02	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Wirtsgestein			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Keine			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Die Salzstruktur setzt sich aus einer evaporitischen Gesteinsfolge zusammen. Darin eingeschlossene Salzlösungen sind genetisch bedingt an spezielle Bereiche der Salzgesteine gebunden. Wichtige gesteinsbildende Minerale der Evaporite sind Gips, Anhydrit, Steinsalz, Sylvin und Carnallit. Die Einlagerungsbereiche werden im Hauptsalz der Staßfurt-Folge aufgeföhren. Dort liegen hauptsächlich nur Steinsalz und Anhydrit vor. Kohlenwasserstoffe sind in Spuren vorhanden. Der Internbau eines Salzstocks ist durch eine starke Verfaltung der Schichtfolgen gekennzeichnet. Im Salzstock und grundsätzlich bei den durch Zechsteinschichten aufgebauten Salzstöcken in Deutschland sind zwei unterschiedliche Deformationsstockwerke verwirklicht. Das eine umfasst die Steinsalze der Staßfurt-Folge (z2) und das andere die jüngerer Schichten der Leine- und Aller-Folge (z3 u. z4). Insgesamt können vier tektonisch-stratigraphische Einheiten ausgehalten werden, die unter Berücksichtigung einer nicht genauer bestimmbarer Querfaltung vorwiegend in axialer Richtung des Salzstocks ausgerichtet sind. Die Eigenschaften des Wirtsgesteins sind in der Standortbeschreibung (BORNEMANN, BEHLAU et al. 2004; KLINGE, BOEHME et al. 2007; KÖTHE, HOFFMANN et al. 2007; vgl. a. KELLER 2007) dargelegt und sind bei der Aufföhren der Endlagerbereiche und als Randbedingung bei Modellrechnungen zu berücksichtigen.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Die Wirtsgesteinseigenschaften haben wesentlichen Einfluss auf den Ablauf thermischer, mechanischer, hydraulischer und chemischer Prozesse im Endlagerbereich und geben potentielle Wegsamkeiten für die Radionuklidmigration vor.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Diapirismus, Subrosion, Permafrost, Vollständige Inlandsvereisung, Auflösung und Ausfällung, Thermische Expansion und Kontraktion, Radiolyse	
<i>Resultierende FEPs:</i> Gaseindringdruck, Klüfte im Wirtsgestein, Fluidvorkommen im Wirtsgestein		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Lokale Differentialbewegungen, Konvergenz, Rissbildung, Lageverschiebung des Schachtverschlusses, Absinken der Abfallbehälter, Umläufigkeiten, Geochemisches Milieu im Grubengebäude, Mikrobielle Prozesse, Thermische Expansion und Kontraktion, Imprägnierung, Auflockerungszone, Geosphäre: Eigenschaften der Transportpfade,	

<i>FEP-Nr.:</i> 2.2.02.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.2.02	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Wirtsgestein			
		Spannungsumlagerung, Thermisch bedingte Spannungsänderungen im Wirtsgestein, Temperaturänderung am Salzspiegel, Thermomigration, Sorption, Desorption, Matrixdiffusion	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Wird berücksichtigt		<i>Strecken und Schächte:</i> Wird berücksichtigt	
<i>Wirtsgestein:</i> Wird berücksichtigt		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Bemerkungen:</i> Keine			
<i>Literaturquellen:</i> BORNEMANN, O.; BEHLAU, J.; KELLER, S.; MINGERZAHN, G. & SCHRAMM, M. (2004): Projekt Gorleben, Standortbeschreibung Gorleben - Teil III: Ergebnisse der Erkundung des Salinars. Abschlussbericht zum AP G 412110000.-- BGR, unveröffentl. Ber.: 222 S., 29 Abb., 6 Tab., 4 Anl., 1 Anh.; Hannover. KELLER, S. (2005): Langzeitsicherheitsanalyse für ein HAW-Endlager im Salz. Geologisches Referenzmodell für einen HAW-Endlagerstandort im Salz. Beitrag für das Projekt ISIBEL.-- BGR, unveröffentl. Ber. (überarbeitete Vers. v. 31.12.2005): 75 S., 8 Abb., 5 Tab.; Hannover. KLINGE, H.; BOEHME, J.; GRISSEMANN, C.; HOUBEN, G.; LUDWIG, R.-R.; RÜBEL, A.; SCHELKES, K.; SCHILDKNECHT, F. & SUCKOW, A. (2007): Standortbeschreibung Gorleben. Teil 1: Die Hydrogeologie des Deckgebirges des Salzstocks Gorleben.-- Geol. Jb., C 71 : 147 S., 59 Abb., 4 Tab., 1 Anl.; Hannover. KÖTHE, A.; HOFFMANN, N.; KRULL, P.; ZIRNGAST, M. & ZWIRNER, R. (2007): Standortbeschreibung Gorleben. Teil 2: Die Geologie des Deck- und Nebengebirges des Salzstocks Gorleben.-- Geol. Jb., C 72 : 201 S., 42 Abb., 19 Tab.; Hannover.			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Kohlenwasserstoffe im Bereich der Einlagerungsgrubenbaue			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.2.02.02	<i>NEA-Nr.:</i> 2.2.02	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Klüfte im Wirtsgestein			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Klüfte sind natürlich vorhandene Trennfugen im Gestein ohne Dislokationen an den Trennflächen.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input checked="" type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input checked="" type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Wirtsgestein			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.2.02.02	<i>NEA-Nr.:</i> 2.2.02	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Klüfte im Wirtsgestein			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i>			
<p>Störungen (Wechsel, Sprung, Blatt) besitzen im Gegensatz zu Klüften einen deutlichen Versatz des Gesteinsverbandes entlang der Trennfugen.</p> <p>Die Begriffe Schlechten, Spalte, Ruptur, Bruch, Fuge und ähnliche in Geologie oder Bergbau verwendete Bezeichnungen werden hier vereinfachend mit dem Begriff Kluft gleichgestellt. Risse sind ebenfalls Trennfugen im Gestein und könnten daher auch als Klüfte bezeichnet werden. Die Bezeichnung "Risse" wird in der ISIBEL-FEP-Liste dennoch genutzt, um die z. B. durch Gasdruck oder Spannungsveränderungen im Gestein entstehenden künstlichen Trennfugen nomenklatorisch von den natürlichen (Klüfte) unterscheiden zu können.</p> <p>Unter andauernd kompressiver Belastung (Konvergenz) können Klüfte im Steinsalz verheilen. Die Permeabilitäten des vormals geklüfteten Gesteins erreichen dann wieder die Werte des ungeklüfteten Gesteins. Da die Verheilung ein von der Diffusion gesteuerter Prozess ist, hängt sie unter anderem vom Wassergehalt im Porenraum ab. Im Gegensatz zu Laborversuchen, wo Gas oder Fluid aus den Poren in die Atmosphäre oder an die Probenoberfläche entweichen können, bleibt in-situ zu berücksichtigen, ob Gase oder Fluide abwandern können oder in sich verheilendem Steinsalz eingeschlossen bleiben.</p> <p>Neben der Konvergenz sind chemische Reaktionen bei Vorhandensein von Wasser als Ursache für ein zumindest teilweises Verschließen von Klüften zu berücksichtigen. Dies wird durch Beobachtungen an Klüften gestützt, die in der Regel durch Neubildungen von Salzmineralien ganz oder teilweise geschlossen sind.</p>			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i>			
<p>Klüfte sind an vielen Stellen im Wirtsgestein des Referenzstandortes vorhanden. Das Kluftinventar besteht aus schichtparallelen oder die Schichtung in einem Winkel schneidenden Klüften. Die Kluftgeometrien (Verlauf, Weite, Länge) hängen von den Materialeigenschaften und der Beanspruchung der Salzgesteine ab. Die Kluftweiten besitzen eine Millimeter- bis Metergröße und die Kluftlängen bewegen sich im Dezimeter- bis Zehnermeter-Bereich. Abhängigkeiten der Kluftabstände von z. B. Lithologie, Bankung oder struktureller Ausbildung der Salzschichten konnten am Referenzstandort nicht festgestellt werden. Die Abstände der Klüfte schwanken unregelmäßig (BORNEMANN, BEHLAU et al. 2004).</p> <p>Die Klüfte sind in der Regel geschlossen und durch Mineralneubildungen verheilt. Die Verheilung scheint in geologischen Zeiträumen relativ kurzfristig zu erfolgen. Die z. B. während vergangener Kaltzeiten im Salzspiegelbereich entstandenen Klüfte sind selbst bei einer Füllung mit klastischen Sedimenten verheilt und hydraulisch dicht.</p> <p>Offene Fluid erfüllte Klüfte (vgl. FEP Fluidvorkommen im Wirtsgestein) sind nur an bestimmten Stellen innerhalb der stratigraphischen Abfolge (z. B. isolierte Hauptanhydritschollen, Grenzbereich z2/z3 bei Ausfall größerer Schichtpakete) oder salztektonisch bedingten Strukturen (z. B. reduzierte Mächtigkeit des Kaliflözes durch örtliche Vertaubung) in begrenztem Umfang anzutreffen. Ein größeres zusammenhängendes Kluftsystem existiert nicht. Vom Kernbereich des Hauptsalzes und damit den möglichen Einlagerungsorten am Referenzstandort sind keine Klüfte bekannt.</p> <p>Als Ursachen für die Kluftentstehung sind Salzbewegungen/Tektonik, Klimaänderungen mit einer Abkühlung des Salzspiegelbereiches und die Metamorphose der Salzgesteine zu nennen.</p>			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.2.02.02	<i>NEA-Nr.:</i> 2.2.02	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Klüfte im Wirtsgestein			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Im eigentlichen Einlagerungsbereich wurden offene Klüfte bislang nicht nachgewiesen. Die an anderer Stelle innerhalb der Gesteinsabfolge vorhandenen Klüfte stellen räumlich isolierte Vorkommen dar, die kein größeres zusammenhängendes Kluftsystem bilden. Sofern es durch die Einlagerung der Abfälle und der Auffahrung des Grubengebäudes zu künstlich gebildeten Rissen im Salzgebirge kommt, ist nicht ohne weiteres auszuschließen, dass sich diese mit den natürlich vorhandenen offenen Klüften verbinden und sich dadurch ein größeres Kluft-/Rissystem im Nachweiszeitraum als dauerhaft offener Transportpfad für Radionuklide entwickelt.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i> Wirtsgestein		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Diapirismus, Konvergenz, Spannungsumlagerung, Thermisch bedingte Spannungsänderungen im Wirtsgestein	
<i>Resultierende FEPs:</i> Fluidvorkommen im Wirtsgestein		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Umläufigkeiten, Geosphäre: Eigenschaften der Transportpfade, Advektion, Konvektion, Diffusion, Matrixdiffusion, Mechanische Dispersion	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Wirtsgestein:</i> Wird berücksichtigt		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Bemerkungen:</i> Keine			
<i>Literaturquellen:</i> BORNEMANN, O.; BEHLAU, J.; KELLER, S.; MINGERZAHN, G. & SCHRAMM, M. (2004): Projekt Gorleben, Standortbeschreibung Gorleben - Teil III: Ergebnisse der Erkundung des Salinars. Abschlussbericht zum AP G 412110000.-- BGR, unveröffentl. Ber.: 222 S., 29 Abb., 6 Tab., 4 Anl., 1 Anh.; Hannover.			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.2.03.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.2.03	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Deck- und Nebengebirge			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Das FEP umfasst Eigenschaften des Deck- und Nebengebirges wie Aufbau, Zusammensetzung der Schichten, Festigkeit und Dichte.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input checked="" type="checkbox"/> Randbedingung			<input type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.2.03.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.2.03	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Deck- und Nebengebirge			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Keine			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Die Abfolge des Deck- und Nebengebirges umfasst triassische bis quartäre Gesteinsschichten, wobei das Quartär über dem Salzstock und innerhalb der Gorlebener Rinne eine hohe Mächtigkeit aufweist. Der Aufbau des Deckgebirges wird durch den Salzaufstieg und kaltzeitliche Prozesse bestimmt. Das Deck- und Nebengebirge ist in der Standortbeschreibung (KLINGE, BOEHME et al. 2007; KÖTHER, HOFFMANN et al. 2007; vgl. a. KELLER 2007) beschrieben.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Die Deckgebirgseigenschaften haben wesentlichen Einfluss auf die Subrosion und den Ablauf von Transportprozessen im Deckgebirge.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Lokale Differentialbewegungen, Erosion, Sedimentation, Diapirismus, Permafrost, Inlandvereisung in randlicher Lage, Vollständige Inlandsvereisung, Wegsamkeiten in Erkundungsbohrungen, Störungen und Störungszonen	
<i>Resultierende FEPs:</i> Geosphäre: Grundwasserströmung, Hydrochemische Verhältnisse im Deck- und Nebengebirge, Aquifere		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Konvergenz, Geosphäre: Eigenschaften der Transportpfade, Mikrobielle Verhältnisse in der Geosphäre, Temperaturänderung am Salzspiegel, Topographie und Morphologie, Sorption, Desorption, Kolloide, Matrixdiffusion, Mechanische Dispersion	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Wirtsgestein:</i> Wird berücksichtigt		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Wird berücksichtigt	
<i>Bemerkungen:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.2.03.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.2.03	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Deck- und Nebengebirge			
<i>Literaturquellen:</i>			
<p>KELLER, S. (2007): Langzeitsicherheitsanalyse für ein HAW-Endlager im Salz. Geologisches Referenzmodell für einen HAW-Endlagerstandort im Salz. Beitrag für das Projekt ISIBEL.-- BGR, unveröffentl. Ber. (überarbeitete Vers. v. 31.12.2005): 75 S., 8 Abb., 5 Tab.; Hannover.</p> <p>KLINGE, H.; BOEHME, J.; GRISSEMAN, C.; HOUBEN, G.; LUDWIG, R.-R.; RÜBEL, A.; SCHELKES, K.; SCHILDKNECHT, F. & SUCKOW, A. (2007): Standortbeschreibung Gorleben. Teil 1: Die Hydrogeologie des Deckgebirges des Salzstocks Gorleben.-- Geol. Jb., C 71: 147 S., 59 Abb., 4 Tab., 1 Anl.; Hannover.</p> <p>KÖTHE, A.; HOFFMANN, N.; KRULL, P.; ZIRNGAST, M. & ZWIRNER, R. (2007): Standortbeschreibung Gorleben. Teil 2: Die Geologie des Deck- und Nebengebirges des Salzstocks Gorleben.-- Geol. Jb., C 72: 201 S., 42 Abb., 19 Tab.; Hannover.</p>			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i>			
Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.2.04.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.2.04	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Störungen und Störungszonen			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Unter einer Störung wird jede Unterbrechung des ursprünglichen Zusammenhanges des Gesteinsverbandes verstanden. Allgemein ist dabei eine Trennfuge im Gebirge gemeint, an der eine Verstellung der beiden angrenzenden Schollen stattgefunden hat. Liegt ein räumlich ausgedehnter Bereich vor, in dem mehrere Störungen als Begleit- oder Parallelstörungen auftreten, so spricht man von einer Störungszone.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input checked="" type="checkbox"/> Randbedingung		<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs	
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input checked="" type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Wirtsgestein			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.2.04.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.2.04	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Störungen und Störungszonen			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Das Ausmaß einer Verstellung bleibt unberücksichtigt; sie reicht vom Zentimeter bis Kilometerbereich. Das FEP umfasst das Vorkommen von großräumigen Störungszonen im Deckgebirge und des salzstocknahen Nebengebirges mit ihren Eigenschaften. Genetisch sind sie mit dem Salzaufstieg, mit einer erhöhten Subrosion des Salzstocks oder mit dem Vorrücken eines Inlandeisgletschers verbunden.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Großräumige Störungszonen sind im Deckgebirge des Salzstocks Gorleben und insbesondere oberhalb der geplanten Einlagerungsbereiche nicht vorhanden. Lediglich im Bereich des Ringwalls und den steil aufgerichteten Schichten des Nebengebirges wurden vereinzelt Störungen mit geringen Versatzbeträgen aufgrund seismischer Untersuchungsergebnisse vermutet (s. KÖTHE, HOFFMANN et al. 2007). Die Bohrung Go 1005 traf in ca. 1800 m Teufe eine hydraulisch dichte Störung an, die die Salzsichten nahe des Salzstockrandes versetzt (BORNEMANN 1991).			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Störungszonen mit erhöhten Permeabilitäten können Einfluss auf die hydraulischen Deckgebirgseigenschaften haben.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Lokale Differentialbewegungen, Diapirismus, Subrosion, Inlandvereisung in randlicher Lage, Vollständige Inlandsvereisung	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Lokale Differentialbewegungen, Deck- und Nebengebirge, Geosphäre: Eigenschaften der Transportpfade, Geosphäre: Grundwasserströmung, Aquifere, Oberflächengewässer, Matrixdiffusion, Mechanische Dispersion	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Wirtsgestein:</i> Wird berücksichtigt		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Wird berücksichtigt	

<i>FEP-Nr.:</i> 2.2.04.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.2.04	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Störungen und Störungszonen			
<i>Bemerkungen:</i> Keine			
<i>Literaturquellen:</i> BORNEMANN, O. (1991): Zur Geologie des Salzstocks Gorleben nach den Bohrergergebnissen.-- BfS-Schriften, 4/91 : 67 S., 13 Abb., 5 Tab., 24 Anl.; Salzgitter. KÖTHE, A.; HOFFMANN, N.; KRULL, P.; ZIRNGAST, M. & ZWIRNER, R. (2007): Standortbeschreibung Gorleben. Teil 2: Die Geologie des Deck- und Nebengebirges des Salzstocks Gorleben.-- Geol. Jb., C 72 : 201 S., 42 Abb., 19 Tab.; Hannover.			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.2.05.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.2.05.01	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Geosphäre: Eigenschaften der Transportpfade			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Das FEP umfasst die relevanten Eigenschaften von Transportpfaden im Wirtsgestein und im Deck- und Nebengebirge.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input checked="" type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.2.05.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.2.05.01	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Geosphäre: Eigenschaften der Transportpfade			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Transportpfade für Radionuklide sind verbundene Porenräume und/oder Klüfte.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> <p>Natürliche Transportpfade im Wirtsgestein existieren nicht, da vorhandene Klüfte geschlossen sind oder keine zusammenhängenden Systeme bilden, die mit den Einlagerungsfeldern in Verbindung stehen könnten (vgl. FEP Klüfte im Wirtsgestein). Im Deck- und Nebengebirge existieren Porenaquifere, über denen ein Stofftransport bevorzugt ablaufen kann. Das allgemein gute Grundwasserleitvermögen der Sedimentschichten wird durch ein vorhandenes Kluftsystem nur unwesentlich erhöht. Die Kluftsysteme und Porenaquifere sind im Standortmodell, bzw. durch die Ergebnisse der übertägigen und untertägigen Erkundung dargestellt (BORNEMANN, BEHLAU et al. 2004; KLINGE, BOEHME et al. 2007; KÖTHE, HOFFMANN 2007; vgl. KELLER 2007). Wenn ein Versagen der Schachtabdichtungen unterstellt wird, sind Transportpfade über den Schachtverschluss in die Aquifere oberhalb der Salzstruktur denkbar. Transportpfade ergeben sich auch über unvollständig verschlossene Erkundungsbohrungen. An einem etwaigen Schadstofftransport können als Pfad auch dilatante Auflockerungsbereiche im Wirtsgestein und neu gebildete Klüfte im Wirtsgestein und Hauptanhydrit aufgrund thermisch-mechanischer Beanspruchung (Spannungsänderungen) beteiligt sein. Die Eigenschaften der Transportpfade können sich zukünftig insbesondere durch die Auswirkungen nächster Kaltzeiten drastisch ändern.</p>			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Die Eigenschaften der Transportpfade beeinflussen die Strömung von Fluiden und den Transport von Schadstoffen, die in Flüssigkeit gelöst sind. Wesentlich sind dabei die Transportzeiten und die Sorptionseigenschaften der Materialien entlang der Transportpfade.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Lokale Differentialbewegungen, Sedimentation, Permafrost, Inlandvereisung in randlicher Lage, Vollständige Inlandsvereisung, Hydrogeologische Veränderungen, Wegsamkeiten in Erkundungsbohrungen, Auflösung und Ausfällung, Wirtsgestein, Klüfte im Wirtsgestein, Deck- und Nebengebirge, Störungen und Störungszonen, Fluidvorkommen im Wirtsgestein, Hydrochemische Verhältnisse im Deck- und Nebengebirge, Mikrobielle Verhältnisse in der Geosphäre, Aquifere, Oberflächengewässer	

<i>FEP-Nr.:</i> 2.2.05.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.2.05.01	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Geosphäre: Eigenschaften der Transportpfade			
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Gaseindringdruck, Gasfreisetzung aus Grubenbauen, Geosphäre: Grundwasserströmung, Advektion, Konvektion, Diffusion, Matrixdiffusion, Mechanische Dispersion	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Wirtsgestein:</i> Wird berücksichtigt		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Wird berücksichtigt	
<i>Bemerkungen:</i> Keine			
<i>Literaturquellen:</i> BORNEMANN, O.; BEHLAU, J.; KELLER, S.; MINGERZAHN, G. & SCHRAMM, M. (2004): Projekt Gorleben, Standortbeschreibung Gorleben - Teil III: Ergebnisse der Erkundung des Salinars. Abschlussbericht zum AP G 412110000.-- BGR, unveröffentl. Ber.: 222 S., 29 Abb., 6 Tab., 4 Anl., 1 Anh.; Hannover. KELLER, S. (2007): Langzeitsicherheitsanalyse für ein HAW-Endlager im Salz. Geologisches Referenzmodell für einen HAW-Endlagerstandort im Salz. Beitrag für das Projekt ISIBEL.-- BGR, unveröffentl. Ber. (überarbeitete Vers. v. 31.12.2005): 75 S., 8 Abb., 5 Tab.; Hannover. KLINGE, H.; BOEHME, J.; GRISSEMANN, C.; HOUBEN, G.; LUDWIG, R.-R.; RÜBEL, A.; SCHELKES, K.; SCHILDKNECHT, F. & SUCKOW, A. (2007): Standortbeschreibung Gorleben. Teil 1: Die Hydrogeologie des Deckgebirges des Salzstocks Gorleben.-- Geol. Jb., C 71 : 147 S., 59 Abb., 4 Tab., 1 Anl.; Hannover. KÖTHE, A.; HOFFMANN, N.; KRULL, P.; ZIRNGAST, M. & ZWIRNER, R. (2007): Standortbeschreibung Gorleben. Teil 2: Die Geologie des Deck- und Nebengebirges des Salzstocks Gorleben.-- Geol. Jb., C 72 : 201 S., 42 Abb., 19 Tab.; Hannover.			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.2.06.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.2.06	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Spannungsänderung und Spannungsumlagerung			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Spannungsänderungen beschreiben eine Erhöhung oder Erniedrigung des Beanspruchungszustandes in einem Tragwerksbereich ohne irreversible Deformationen. Spannungsumlagerungen hingegen sind Spannungsausgleichsprozesse begleitet von irreversiblen Deformationen zwischen unterschiedlich hoch beanspruchten Tragwerksbereichen durch Plastifizierung mit einem daraus folgenden Spannungsabbau in den höchstbeanspruchten Bereichen und einer gleichzeitigen Erhöhung der Spannung in weniger beanspruchten Bereichen des Tragsystems.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input checked="" type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input checked="" type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Strecken- und Schachtverschlüsse sowie Wirtsgestein			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.2.06.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.2.06	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Spannungsänderung und Spannungsumlagerung			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i>			
<p>Im unverritzten Steinsalzgebirge liegt normalerweise eine isotroper Primärspannungszustand vor, der durch die Auffahrung der Grubenbaue gestört wird. Der sich durch die Auffahrung der Grubenbaue einstellende Sekundärspannungszustand an der Hohlraumkontur führt dort zu einer Spannungskonzentration.</p> <p>Durch viskoplastische Deformationen kann sich im Steinsalz diese Spannungskonzentration auch bruchlos, d.h. ohne Überschreiten der Dilatanzgrenze abbauen. Dann kommt es nicht zur Ausbildung einer Auflockerungszone mit dilatanten Verformungen, sondern die Deformationen verlaufen volumentreu und rissfrei.</p> <p>Im Steinsalz kann es aufgrund seines viskoplastisch-duktilen Materialverhaltens auch zur Schädigungsverheilung kommen. Besonders im Bereich von stützendem Versatz oder Abdichtungsbauwerken führt die Gebirgskonvergenz zu einem Stützdruckaufbau in den geschädigten Gebirgsbereichen, so dass Risse geschlossen und über längere Zeiträume auch verheilt werden können. Dies führt zu einer Vergrößerung der Tragwerksfläche in den ehemals geschädigten Tragwerksbereichen und somit zu einer Spannungsumlagerung in diesen Bereichen. Spannungsumlagerungen können im Salinar zum Stillstand kommen, wenn konvergenzbedingt alle Hohlräume durch Kriechen bzw. Versatzkompaktion verschlossen sind, so dass wieder ein isotroper Spannungszustand vorherrscht.</p> <p>Elastisch wirkende Spannungskonzentrationen führen lediglich zu Spannungsänderungen als Erhöhung des Spannungszustandes im belasteten Gebirgsbereich, ohne dass es zu irreversiblen Deformationen und damit zu Spannungsumlagerungen kommt.</p> <p>In elastisch-plastischen Gesteinen führt eine Spannungskonzentration erst dann zu Spannungsumlagerungen in weniger beanspruchte Gebirgsbereiche, wenn zuvor Tragwerksbereiche überbeansprucht und daher plastifiziert worden sind. Eine Plastifizierung führt immer zu irreversiblen Deformationen.</p> <p>Thermische Einwirkungen aus den eingelagerten Abfällen bewirken eine zusätzliche Spannungserhöhung, die die Spannungsumlagerung beschleunigt. Ebenso führen Beanspruchungen durch Fluiddruck (Flüssigkeiten, Gase) zu veränderten Spannungszuständen in Schacht- und Streckenverschlüssen und im Nahfeld der Hohlräume, so dass durch diese Beanspruchungen ebenfalls Spannungsumlagerungen hervorgerufen werden können.</p>			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i>			
<p>In Abhängigkeit der Teufe und der Gesteinswichte ist der Gebirgsdruck zu ermitteln und in den geomechanischen Berechnungen zu berücksichtigen. Die thermische Belastung durch den Wärmeeintrag der Zerfallswärme in das Gebirge führt ebenfalls zu einer Erhöhung der Beanspruchung im Gebirge und damit auch zu einer Spannungsumlagerung. Zusätzlich müssen noch mögliche Beanspruchungen aus Fluiddruck berücksichtigt werden.</p> <p>Aufgrund der Teufenlage von mehr als 800 m am Referenzstandort ist bei der Hohlraumauffahrung der Grubenbaue des Endlagers von einem Sekundärspannungszustand an der Hohlraumkontur auszugehen, der zu dilatanten Verformungen und somit zu Spannungsumlagerungen unter Ausbildung einer Auflockerungszone mit Fissuren führt.</p>			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.2.06.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.2.06	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Spannungsänderung und Spannungsumlagerung			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Der teufenabhängige Gebirgsdruck führt zu Spannungsumlagerungen an der Hohlraumkontur und damit zu einem durch die Auffahrung bedingten Sekundärspannungszustand, der in der geomechanischen Modellierung des Tragsystems zu berücksichtigen ist. Der Wärmeeintrag ins Gebirge aus dem radioaktiven Zerfall kann zusätzlich zu einer Beanspruchung des Gebirges an der Hohlraumkontur führen, wodurch Spannungsumlagerungen und konvergenzbedingte Verformungen beschleunigt werden, die die Verschlussbauwerke und die Behälter zusätzlich belasten. Ein möglicher Fluiddruck führt neben den genannten anderen Beanspruchungen ebenfalls zu einer Erhöhung der Spannungen und somit zu Spannungsumlagerungen. Die standortspezifischen Auswirkungen der Spannungsumlagerung sind eng verknüpft mit der thermisch bedingten Spannungsänderung, den mechanischen Prozessen im Gestein sowie der Ausbildung einer Auflockerungszone mit Rissbildungsprozessen. Aus diesem Grund müssen die standortspezifischen Auswirkungen der FEPs „Auflockerungszone“, „Rissbildung“, „Thermisch bedingte Spannungsänderungen im Wirtsgestein“ in diesem Zusammenhang ebenfalls beachtet werden.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Keine.			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i> Auffahrung der Grube Fluiddruck		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Einlagerungsgeometrie Vollständige Inlandsvereisung Eigenschaften der Behälter Versatz: Eigenschaften des Materials Eigenschaften des Verschlussmaterials Versatzkompaktion Nicht thermisch induzierte Volumendehnung Mechanisches Versagen eines Verschlussbauwerks Quellen des Bentonits Thermische Expansion und Kontraktion Wirtsgestein	
<i>Resultierende FEPs:</i> Konvergenz Auflockerungszone		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Eigenschaften der Behälter Eigenschaften des Verschlussmaterials Versatzkompaktion Rissbildung Mechanisches Versagen eine Verschlussbauwerks Absinken der Abfallbehälter Klüfte im Wirtsgestein	

<i>FEP-Nr.:</i> 2.2.06.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.2.06	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Spannungsänderung und Spannungsumlagerung			
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Wird berücksichtigt.		<i>Strecken und Schächte:</i> Wird berücksichtigt.	
<i>Wirtsgestein:</i> Wird berücksichtigt.		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen.	
<i>Bemerkungen:</i> Keine			
<i>Literaturquellen:</i> <p><i>Lux et al. (2002):</i> Gutachten im Auftrag des AkEnd, „Günstige gebirgsmechanische Eigenschaften Teil A und B“ sowie „Geringe Neigung zur Bildung von Wegsamkeiten“, TU Clausthal, 2002</p> <p><i>Lux et al. (2006):</i> Forschungsvorhaben: Weiterentwicklung eines Prognosemodells zum Barrierenintegritäts- und Langzeitsicherheitsnachweis für Untertagedeponien mit besonderer Berücksichtigung von Gefügeschädigung und Schädigungsverheilung auf der Grundlage der Continuum-Damage-Theorie, BMBF-Forschungsvorhaben 02C0720, TU Clausthal, 2006</p> <p><i>Aubertin, M.; Sgaoula J. & Gill, D. E. (1993):</i> A Damage Model for Rock Salt: Application to Tertiary Creep. 7th Symposium on Salt, Vol. 1</p> <p><i>Chan, K. S., Brodsky, N. S., Fossum, A. F., Bodner, S. R, Munson, D. E. (1994):</i> Damage-induced nonassociated inelastic Flow in Rock Salt, International Journal of Plasticity, Vol. 10, No. 6</p> <p><i>Chan et al. (1992):</i> A Constitutive Model for inelastic Flow and Damage Evolution in Solids under triaxial Compression, Mechanics of Materials, 14</p> <p><i>BMBF (2006):</i> „Die Modellierung des mechanischen Verhaltens von Steinsalz: Vergleich aktueller Stoffgesetze und Vorgehensweisen“, Verbundvorhaben Stoffgesetzvergleich, einzelne Teilberichte mit den Förderkennzeichen 02C1004 bis 02C1054</p> <p><i>Chan, K.S.; Fossum, A.F.; Bodner, S.R. & Munson, D.E. (1995):</i> Constitutive Representation of Damage Healing in WIPP salt. Proc. of the 35th U.S. Symposium on Rock Mechanics, Daemen and Schulz (eds.), Balkema, Brookfield, VT</p>			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.2.06.02	<i>NEA-Nr.:</i> 2.2.06	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Selbstversatz			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Unter Selbstversatz wird das Auffüllen eines untertägigen Hohlraums mit hereinbrechendem Gestein des hohlraumnahen Gebirges verstanden.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input checked="" type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.2.06.02	<i>NEA-Nr.:</i> 2.2.06	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Selbstversatz			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Auf die an der Hohlraumkontur und im angrenzenden Gebirge wirkenden Spannungen reagiert das Gestein entsprechend seinen Materialeigenschaften mit bruchlosen Kriechverformungen und bruchhaften Deformationen. Durch die Kriechfähigkeit des Steinsalzes verschließen Konvergenzprozesse Hohlräume im Wirtsgestein. Bei bruchhaften Deformationen fallen aus dem konturnahen Gebirge abgeschaltete Bruchkörper in den Hohlraum. Das mit Versatz gefüllte Volumen vergrößert sich. Dieser Prozess wird Selbstversatz genannt.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Alle untertägigen Hohlräume werden vor Schließung des Endlagers mit Salzgrus versetzt zur Stabilisierung der geologischen Barriere. Die Konvergenz des Gebirges wird dadurch behindert. Durch den stabilisierenden Versatz der Grubenbaue werden Abschaltungen an der Gebirgskontur jedoch verhindert, so dass es zu keinem Selbstversatz durch in den Hohlraum hereinbrechendes Gestein kommt.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Keine			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i>	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i>	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen.		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen.	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen.		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen.	
<i>Bemerkungen:</i> Keine			
<i>Literaturquellen:</i>			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.2.07.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.2.07	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Fluidvorkommen im Wirtsgestein			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Fluidvorkommen sind natürlich vorhandene Flüssigkeiten und Gase im Wirtsgestein.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input checked="" type="checkbox"/> Randbedingung			<input type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input checked="" type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Wirtsgestein			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.2.07.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.2.07	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	

Fluidvorkommen im Wirtsgestein

Weitere Informationen und Beispiele:

Lösungen und Gase gehören zum natürlichen Stoffbestand von Salzlagerstätten. Sie können gemeinsam vorkommen. Beim Auffahren eines Bergwerks werden Lösungen im Salzgebirge an Feuchtstellen, Tropfstellen oder Zulaufstellen angetroffen. Sie werden unter dem Begriff Zutrittslösungen zusammengefasst (Schramm 2005). Die Zuflüsse sind zeitlich nicht immer konstant, sondern können sich verringern, vollständig versiegen oder sich periodisch in ihren Zulaufstraten verändern.

An einer Feuchtstelle treten keine erkennbaren sich frei bewegenden Lösungen zu. Gelegentlich kommen in diesem Zusammenhang kleine Stalaktiten von wenigen Zentimetern Länge vor. Als Tropfstellen werden Lösungszutritte definiert, bei denen einzelne Tropfen aus dem Gebirge austreten. Oft kommen an diesen Stellen Stalaktiten und Stalagmiten vor. Als Zulaufstellen werden solche Orte bestimmt, an denen Lösungen mit erhöhten Zuflussraten von unter einem Liter bis mehreren Kubikmetern pro Minute zutreten.

Einen weiteren Typ von Fluidvorkommen stellen Lösungseinschlüsse (Fluid Inclusions) dar. Die Einschlüsse können intrakristallin oder interkristallin an Korngrenzen vorkommen. Ihr Stoffbestand ist identisch mit den primären Meerwasserrestlösungen oder den sekundär gebildeten metamorphen Lösungen, aus denen sich die Wirtsminerale bildeten.

Über den Chemismus der Lösungen können genetische Fragestellungen wie Herkunft, Platznahme und Alter der Lösungen geklärt werden. Der chemische Ausgangszustand für die langzeitliche Entwicklung im Einlagerungsbereich kann durch die bei der Erkundung des Salzstockes angetroffenen Lösungen in Verbindung mit einer eventuellen anthropogen bedingten Einbringung von weiteren Lösungen über den Versatz beschrieben werden.

Sachlage am Referenzstandort:

Am Referenzstandort wurden mehrfach Fluidvorkommen angetroffen. Die angetroffenen Fluidvorkommen sind nicht beliebig im Salzstock verteilt, sondern an bestimmte stratigraphische Horizonte mit einer entsprechenden petrographischen und strukturellen Ausbildung gebunden. Diese Horizonte zeichnen sich dadurch aus, dass ihr sedimentärer oder diagenetisch bedingter Verband trotz der halokinetischen Deformation erhalten geblieben ist (SCHRAMM 2005). Ist der sedimentäre oder diagenetisch bedingte Verband nicht erhalten, z.B. im Knäuelsalz oder allgemein im Hauptsalz, das durch eine extreme Deformation und Homogenisierung gekennzeichnet ist, kommen im Vergleich dazu nur sehr geringe Mengen an Fluiden vor (BORNEMANN, BEHLAU et al. 2003a: 83).

Bei der bisherigen Erkundung am Referenzstandort wurden Lösungs- und Gaszutritte hauptsächlich in den anhydritischen Gesteinen der Leine-Folge (z3) angetroffen, in denen kluft- oder schichtgebundene Speicherräume möglich sind. Die angetroffenen Lösungen stehen unter petrostatischen Druck, was eine Verbindung zu den über dem Salzstock befindlichen Aquiferen ausschließt (vgl. NOWAK, WEBER et al. 2002: 10ff.). Des Weiteren treten Fluide an der Grenze zwischen der Staßfurt- und der Leine-Folge (z2/z3) auf.

Die im Erkundungsbergwerk (ohne Schächte), den Tiefbohrungen und den Einschlüssen vorkommenden Lösungen sind überwiegend an Carnallit und/oder Sylvin gesättigt. Untergeordnet kommen an Kieserit oder Bischofit gesättigte Lösungen vor. Diese salzstockinternen Lösungen sind einerseits durch Mischung primärer Meerwasserrestlösung mit NaCl-gesättigten Lösungen oder andererseits aus der Reaktion von Kaliflözgestein mit NaCl-gesättigten Lösungen entstanden. Anhand charakteristischer geochemischer Signaturen

<i>FEP-Nr.:</i> 2.2.07.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.2.07	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Fluidvorkommen im Wirtsgestein			
<p>konnte nachgewiesen werden, dass die Lösungen im Verlauf der Migration zum Teil mit Schichtsilikaten und oder Karbonaten reagierten.</p> <p>Alle in den Schächten beprobten Lösungen sind NaCl-gesättigt und meistens infolge bergbaulicher Maßnahmen beeinflusst. Allerdings kommen in den Schächten auch untergeordnet Lösungen vor, die zusätzlich an Sylvin (nur Schacht 2) oder an Carnallit gesättigt sind. Diese salzstockinternen Lösungen können als nicht bergbaulich beeinflusst interpretiert werden. Sie sind durch Migration verändert worden, in deren Folge es zur Mischung mit NaCl-gesättigten Lösungen oder einer Wechselwirkung mit dem umgebenden Gestein kam.</p> <p>Von Bedeutung für eine Ausbreitung von Radionukliden in wässriger Lösung ist weiterhin, dass an unbeeinflussten Proben bislang nur reduzierende Verhältnisse und im Falle der MgCl₂-Lösungen niedrige pH-Werte festgestellt wurden.</p> <p>Das Volumen der bisher angetroffenen Reservoirs beträgt je nach stratigraphischem Horizont, in dem Fluide gespeichert sind, zwischen wenigen cm³ im Hauptsalz (z2) bis in den Bereich von etwa 10³ m³ im Hauptanhydrit (NOWAK, WEBER et al. 2002: 62ff.). Die Größe der Lösungszutritte im Hauptanhydrit ist abhängig von der Größe der Hauptanhydritschollen, wobei die Wegsamkeiten innerhalb einer Scholle vollständig vernetzt sein können. Für die Zutritte aus dem Grenzbereich z2/z3 liegt die Gesamtausdehnung hydraulisch kommunizierender Gebirgsbereiche weit über dem 10 m-Bereich, wenn bestimmte strukturelle Voraussetzungen vorliegen. Vom Zechstein 2 aus dem Bereich des Knäuel- bzw. des Hauptsalzes sind Lösungszutritte an Feuchtstellen z. T. ohne erkennbare Zutrittspunkte bekannt. Ihre Mengen liegen in der Größenordnung von wenigen Litern, z. T. waren die Mengen zu gering für eine Bestimmung. Die Ausdehnung der Feuchtstellen im Hauptsalz ist im Bereich von einem bis mehreren Kubikmetern bestimmt worden.</p> <p>Im Bereich des ältesten Hauptsalzes, dem Knäuelsalz, wurden Kondensatvorkommen mit Erstreckungen im Dezimeter- und Meterbereich angetroffen, die keine Verbindung untereinander besitzen. Die Abstände zwischen den Kondensatvorkommen variieren und liegen im Meter- bis 10-Meter-Bereich im östlichen Teil der Salzstruktur bzw. bis 100-Meter-Bereich im westlichen Teil der Salzstruktur. Die genaue Menge der an Korngrenzen gebundenen Kondensate ist z. Zt. nicht bekannt.</p> <p>Größere gelöste Gasmengen, die wie das chemisch gebundene CO₂ im Werra-Fulda-Gebiet durch Spannungsänderungen, z. B. bei Sprengungen, aktiviert werden könnten, kommen am Referenzstandort nicht vor. Geringe Gasmengen wurden auf der Nordflanke in den Knister-salzen des Kaliflözes nachgewiesen. Dabei handelt es sich im Wesentlichen um Einschlüsse von Kohlenwasserstoffen und von Stickstoff.</p>			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i>			
<p>Im Bereich von Fluidvorkommen ist die Integrität des Wirtsgesteins nicht gegeben. Die gespeicherten Fluide können ggf. als Transportmedium für Radionuklide dienen. Der Chemismus der Lösungen ist für das chemische Umfeld von Abschlussbauwerken, Behältern, etc. und die Ausbreitung von Radionukliden in wässriger Lösung von Bedeutung.</p>			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i>			
Keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.2.07.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.2.07	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Fluidvorkommen im Wirtsgestein			
<i>Auslösende FEPs:</i> Wirtsgestein, Klüfte im Wirtsgestein		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Diapirismus, Radiolyse	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Lösungen im Grubenbau, Umläufigkeiten, Vollaufen von Grubenbauen, Quellen des Bentonits, Geochemisches Milieu im Grubenbau, Gasmenge im Grubenbau, Geosphäre: Eigenschaften der Transportpfade, Thermomigration, Advektion, Konvektion, Diffusion, Matrixdiffusion, Mechanische Dispersion, Radionuklidtransport in der Gasphase	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Wird berücksichtigt		<i>Strecken und Schächte:</i> Wird berücksichtigt	
<i>Wirtsgestein:</i> Wird berücksichtigt		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Bemerkungen:</i> Keine			
<i>Literaturquellen:</i> BORNEMANN, O., BEHLAU, J., KELLER, S., MINGERZAHN, G. & SCHRAMM, M. (2003): Projekt Gorleben, Standortbeschreibung Gorleben - Teil III: Ergebnisse der Erkundung des Salinars. Abschlussbericht zum AP G 412110000.-- BGR, unveröffentl. Ber.: 222 S., 29 Abb., 6 Tab., 4 Anl., 1 Anh.; Hannover. NOWAK, T., WEBER, J. R. & BORNEMANN, O. (2002): Gas- und Lösungsreservoir im Salzstock Gorleben.-- BGR, unveröffentl. Ber.: 71 S., 44 Abb., 11 Tab.; Hannover. SCHRAMM, M. (2005): Lösungen im Salzstock Gorleben. Abschlussbericht.-- BGR, unveröffentl. Ber.: i. Vorb., 5 Tab., 10 Anl., 20 Anh.; Hannover.			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Genauere Eingrenzung der Mengen und der mikroskopischen Verteilung der Kohlenwasserstoffe im Hauptsalz und ihre Bedeutung auf die Endlagerentwicklung (chemische Prozesse unter Wärmeeinfluss wie z. B. thermochemische Sulfatreduktion)			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.2.07.02	<i>NEA-Nr.:</i> 2.2.07	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Lösungsmigration im Wirtsgestein			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Das FEP berücksichtigt die natürliche Migration von Lösungen im unverritzten Wirtsgestein.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input checked="" type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.2.07.02	<i>NEA-Nr.:</i> 2.2.07	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Lösungsmigration im Wirtsgestein			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Im Wirtsgestein migrierende Lösungen können als Transportmedium für Radionuklide dienen.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Das Steinsalz besitzt eine sehr geringe Permeabilität und ist damit als undurchlässig anzusehen, wodurch die natürliche Migration von Lösungen ohne eine weitere äußere Einwirkung auf das Wirtsgestein auszuschließen ist. Erst durch die mit der Auffahrung von untertägigen Hohlräumen und der Einlagerung verbundenen Prozesse wie beispielsweise Belastungsänderung in Hohlraumnähe, Gasbildung oder Erwärmung des Gebirges, die in anderen FEPs behandelt werden und nicht Gegenstand dieses FEP sind, können sich unter Umständen Wegsamkeiten bilden, in denen Fluide migrieren. Am Chemismus und an den Druckverhältnissen der z. B. bei der Erkundung des Einlagerungsbereiches angetroffenen Salzlösungen zeigt sich, dass die Lösungen mit Ablagerung der Salze eingeschlossen wurden und später nicht mehr mit Grundwässern anderer chemischer Zusammensetzung in Kontakt gerieten. Die gemessenen Drücke von Lösungen mit > 14 MPa überschreiten die theoretisch in der Tiefe zu erwartenden hydrostatischen Drücke (z. B. 840 m Sohle: < 10 MPa) deutlich, so dass daraus die Nichtexistenz einer Verbindung ins Neben- oder Deckgebirge abzuleiten ist (z. B. NOWAK, WEBER et al. 2002). Die geringe Permeabilität wird auch durch das Alter der eingeschlossenen Lösungsvorkommen in der Höhe von Millionen von Jahren (HERRMANN, RÜHE 1995) bestätigt.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Durch die Standortauswahl und die konkrete Auslegung des Endlagers wird sichergestellt, dass im Bereich des Endlagers keine Lösungen im unverritzten Wirtsgestein migrieren.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i>	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i>	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Bemerkungen:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.2.07.02	<i>NEA-Nr.:</i> 2.2.07	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Lösungsmigration im Wirtsgestein			
<i>Literaturquellen:</i> HERRMANN, A. G. & RÜHE, S. (1995): Lösungseinschlüsse in Zechsteinevaporiten - Neue Perspektiven in der anwendungsorientierten Grundlagenforschung.-- Kali u. Steinsalz, Bd. 11, H. 10: 345-354, 9 B.; Essen. NOWAK, T.; WEBER, J. R. & BORNEMANN, O. (2002): Gas- und Lösungsreservoirire im Salzstock Gorleben.-- BGR, unveröffentl. Ber.: 71 S., 44 Abb., 11 Tab.; Hannover.			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.2.07.03	<i>NEA-Nr.:</i> 2.2.07	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Geosphäre: Grundwasserströmung			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Bewegung des Grundwassers im Deck- und Nebengebirge infolge der Schwerkraft und der Wärme. Das Grundwasser bewegt sich dabei von höheren zu niedrigeren Potenzialen.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input checked="" type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input checked="" type="checkbox"/> indirekt <input type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.2.07.03	<i>NEA-Nr.:</i> 2.2.07	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Geosphäre: Grundwasserströmung			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Keine			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Die Strömung über dem Salzkörper wird unter Berücksichtigung von Dichteeffekten ermittelt. Eine detaillierte Beschreibung der Grundwasserströmung findet sich im Standortbericht von KLINGE, BOEHME et al. (2007). Die Strömungsverhältnisse während einer zukünftigen Kaltzeit sind in den FEP Permafrost, Inlandvereisung in randlicher Lage und Vollständige Inlandvereisung berücksichtigt.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Die advective Strömung des Grundwassers im Deck- und Nebengebirge kann die Ausbreitung von Schadstoffen innerhalb der Geosphäre und die Subrosion beeinflussen.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i> Deck- und Nebengebirge		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Lokale Differentialbewegungen, Globale klimatische Veränderungen, Permafrost, Inlandvereisung in randlicher Lage, Vollständige Inlandsvereisung, Hydrogeologische Veränderungen, Wegsamkeiten in Erkundungsbohrungen, Permeabilität, Störungen und Störungszonen, Geosphäre: Eigenschaften der Transportpfade, Hydrochemische Verhältnisse in der Geosphäre, Topographie und Morphologie, Aquifere, Oberflächengewässer, Maritime Bedingungen	
<i>Resultierende FEPs:</i> Subrosion		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Hydrochemische Verhältnisse im Deck- und Nebengebirge, Temperaturänderung am Salzspiegel, Advektion, Konvektion, Diffusion, Matrixdiffusion, Mechanische Dispersion	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Wirtsgestein:</i> Wird berücksichtigt		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Wird berücksichtigt	

<i>FEP-Nr.:</i> 2.2.07.03	<i>NEA-Nr.:</i> 2.2.07	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Geosphäre: Grundwasserströmung			
<i>Bemerkungen:</i> Keine			
<i>Literaturquellen:</i> KLINGE, H.; BOEHME, J.; GRISSEMANN, C.; HOUBEN, G.; LUDWIG, R.-R.; RÜBEL, A.; SCHELKES, K.; SCHILDKNECHT, F. & SUCKOW, A. (2007): Standortbeschreibung Gorleben. Teil 1: Die Hydrogeologie des Deckgebirges des Salzstocks Gorleben.-- Geol. Jb., C 71: 147 S., 59 Abb., 4 Tab., 1 Anl.; Hannover.			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.2.08.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.2.08	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Hydrochemische Verhältnisse im Deck- und Nebengebirge			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Die chemischen Verhältnisse im Deck- und Nebengebirge sind bestimmt durch die Art und Menge der im Grundwasser gelösten Stoffe, die Zusammensetzung der Gesteine und den darauf beruhenden chemisch-physikalischen Eigenschaften (pH, Eh, etc.) des Wassers.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input checked="" type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input checked="" type="checkbox"/> indirekt <input type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.2.08.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.2.08	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Hydrochemische Verhältnisse im Deck- und Nebengebirge			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Hydrochemische Prozesse können sich verändern, wenn sich durch Erosion, Sedimentation oder im Zuge einer Meeresüberflutung (Transgression/Regression) andere Gebirgsbereiche durchströmt werden oder sich das strömende Medium anders zusammensetzt.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Das Deckgebirge setzt sich aus Locker- oder wenig verfestigten Sedimenten wie z. B. Tone, Sande, Mergel, etc. zusammen. Untergeordnet kommen Braunkohlen oder humose Lagen vor (KÖTHE, ZIRNGAST et al. 2003; ZIRNGAST, ZWIRNER et al. 2003). Die Zusammensetzung der Grundwässer reicht von gesättigten Solen über begrenzte Vorkommen mit höheren Salzgehalten innerhalb des Deckgebirges bis zu Süßwässern in oberflächennahen Bereichen (KLINGE 1994; KLINGE, BOEHME et al. 2007; KLINGE, BOEHME et al. 1999; KLINGE, KÖTHE et al. 2002; KLINGE, MARGANE et al. 2001; KLINGE, RÜBEL et al. 2000; KLINGE, SCHELKES et al. 2002). In den hauptsächlich sandigen, tonigen und kalkigen Sedimentgesteinen des Nebengebirges (KÖTHE, ZIRNGAST et al. 2007) sind in der Regel Wässer anzutreffen, deren Salinität mit der Tiefe zunimmt (KLINGE 1994).			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Die hydrochemischen Verhältnisse können den Transport und die Rückhaltung von Radionukliden beeinflussen indem sie auf die Stabilität von Kolloiden und das Sorptionsverhalten von Radionukliden einwirken.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i> Deck- und Nebengebirge		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Sedimentation, Subrosion, Globale klimatische Veränderungen, Permafrost, Hydrogeologische Veränderungen, Veränderung des Ökosystems, Geosphäre: Grundwasserströmung, Mikrobielle Verhältnisse in der Geosphäre, Aquifere, Oberflächengewässer, Maritime Bedingungen, (Chemische) Speziation, Sorption, Desorption, Kolloide, Komplexbildung	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Subrosion, Wegsamkeiten in Erkundungsbohrungen, Geosphäre: Eigenschaften der Transportpfade, Geosphäre: Grundwasser-	

<i>FEP-Nr.:</i> 2.2.08.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.2.08	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Hydrochemische Verhältnisse im Deck- und Nebengebirge			
		strömung, Mikrobielle Verhältnisse in der Geosphäre, (Chemische) Speziation, Sorption, Desorption, Kolloide, Komplexbildung, Radionuklidtransport in der flüssigen Phase, Matrixdiffusion	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Wird berücksichtigt	
<i>Bemerkungen:</i> Keine			
<i>Literaturquellen:</i>			
KLINGE, H. (1994): Zusammenfassende Bearbeitung der chemischen und isotopengeochemischen Zusammensetzung der Grundwässer im Deckgebirge des Salzstocks Gorleben und seiner Randsenken. Projektgebiet Gorleben-Süd.-- BGR, unveröffentl. Ber., 111699 : 234 S., 76 Abb., 6 Tab., 7 Anh. mit 27 Abb.; Hannover.			
KLINGE, H.; BOEHME, J.; GRISSEMAN, C.; HOUBEN, G.; LUDWIG, R.-R.; RÜBEL, A.; SCHELKES, K.; SCHILDKNECHT, F. & SUCKOW, A. (2007): Standortbeschreibung Gorleben. Teil 1: Die Hydrogeologie des Deckgebirges des Salzstocks Gorleben.-- Geol. Jb., C 71 : 147 S., 59 Abb., 4 Tab., 1 Anl.; Hannover.			
KLINGE, H.; BOEHME, J. & LUDWIG, R. (1999): Fresh-water/salt-water distribution in the aquifer system above the Gorleben salt dome: results of the Gorleben site investigation programme. (In: Proc. 15 th SWIM (Salt-Water Intrusion Meeting, Ghent, 25-29 May 1998).-- Natuurwet. Tijdschr. (Flämish J. Nat. Sci.), Vol. 79 : 172-177, 6 Fig.; Ghent/Belgien - ISSN 0770-1748.			
KLINGE, H.; KÖTHE, A.; LUDWIG, R.-R. & ZWIRNER, R. (2002): Geologie und Hydrogeologie des Deckgebirges über dem Salzstock Gorleben.-- Z. Angew. Geol., 48. Jhrg. (2002), H. 2 : 7-15, 7 Abb.; Hannover.			
KLINGE, H.; MARGANE, A.; MRUGALLA, S.; SCHELKES, K. & SÖFNER, B. (2001): Hydrogeologie des Untersuchungsgebietes Dömitz-Lenzen. Ergebnisbericht.-- BGR, unveröffentl. Ber.: 344 S., 105 Abb., 27 Tab., 3 Anl., 12 Anh.; Hannover.			
KLINGE, H.; RÜBEL, A.; SUCKOW, A. & BEUSHAUSEN, M. (2000): Isotope hydrogeological studies on the salt water flow above the Gorleben salt dome. (In: Proc. 16 th SWIM, Miedzzydroje-Wolin Island 2000).-- Nicholas Copernicus University, Vol. 80 : 95-102, 7 Fig.; Torun/Polen.			
KLINGE, H.; SCHELKES, K.; RÜBEL, A.; SUCKOW, A.; SCHILDKNECHT, F. & LUDWIG, R. (2002):			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.2.08.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.2.08	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Hydrochemische Verhältnisse im Deck- und Nebengebirge			
<p>The Saltwater/Freshwater Regime in the Sedimentary Cover of the Gorleben Salt Dome.-- Transport in Porous Media, Kluwer Academic Publishers, 47: 125-148.</p> <p>KÖTHE, A.; HOFFMANN, N.; KRULL, P.; ZIRNGAST, M. & ZWIRNER, R. (2007): Standortbeschreibung Gorleben. Teil 2: Die Geologie des Deck- und Nebengebirges des Salzstocks Gorleben.-- Geol. Jb., C 72: 201 S., 42 Abb., 19 Tab.; Hannover.</p> <p>ZIRNGAST, M.; ZWIRNER, R.; BORNEMANN, O.; FLEIG, S.; HOFFMANN, N.; KÖTHE, A.; KRULL, P. & WEISS, W. (2004): Projekt Gorleben. Schichtenfolge und Strukturbau des Deck- u. Nebengebirges. Abschlussbericht.-- BGR, unveröffentl. Ber.: 570 S., 42 Abb., 32 Tab., 195 Anl., 1 Anh.; Hannover.</p>			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i>			
Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.2.09.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.2.09	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> in Bearbeitung	
Mikrobielle Prozesse in der Geosphäre			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Dieses FEP umfasst die Gesamtheit der durch Mikroben verursachten Prozesse in der Geosphäre. Transportprozesse sind nicht enthalten.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input checked="" type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input checked="" type="checkbox"/> indirekt <input type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.2.09.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.2.09	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> in Bearbeitung	
Mikrobielle Prozesse in der Geosphäre			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Die biochemischen Prozesse beruhen auf den Mechanismen und der Steuerung des Stoffwechsel von Kleinstlebewesen und der daran beteiligten Stoffe im wässrigen Milieu. Die Mikroorganismen wie z. B. Bakterien werden in der Erdkruste an vielen Stellen gefunden, wo sie auch unter reduzierenden, sauerstofffreien Verhältnissen Energie durch den Abbau von chemischen Verbindungen gewinnen und davon leben können. Mikroorganismen sind im Grundwasser des Deck- und Nebengebirges abhängig von den hydrochemischen Verhältnissen grundsätzlich vorhanden, aber auch in den Strecken und Schächten sowie im Nahbereich anzutreffen. Im Salzgestein wurden Millionenjahre alte vermehrungsfähige Mikroorganismen ebenfalls nachgewiesen (BIBO, SÖNGEN et al. 1983; PARKES 2000; PEDERSEN 1997; VREELAND, PISELLI JR. et al. 1998; VREELAND, ROSENZWEIG et al. 2000).			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Durch die Auffahrung der Strecken können Mikroorganismen an die Wirtsgesteinsoberflächen im Einlagerungsbereich und damit in das Nahfeld eingeschleust werden. Die für ihr Überleben benötigten Sulfate und Kohlenwasserstoffe aber auch Metalle sind im Einlagerungsbereich prinzipiell vorhanden. Es bleibt allerdings zu untersuchen, ob die z. B. von KUEVER, RABENSTEIN (2005) beschriebenen Sulfat reduzierenden Typen unter den speziellen Bedingungen eines verschlossenen Endlagers überlebensfähig sind. Innerhalb des Wirtsgesteins findet keine biochemische Sulfatreduktion statt, was dadurch belegt ist, dass im Salzgestein Kohlenwasserstoffe bei Vorhandensein von Anhydrit vorkommen, ohne dass dabei Schwefelwasserstoff gebildet worden wäre.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Sulfatreduzierende Bakterien zeichnen sich dadurch aus, dass sie Sulfat zu Schwefelwasserstoff reduzieren, wobei organische Verbindungen oder anorganische Substanzen wie metallisches Eisen oder Wasserstoff oxidiert werden (KUEVER, RABENSTEIN 2005) Durch die Abbauprozesse können das chemische Milieu des Nahfeldes bzw. die hydrochemischen Verhältnisse im Deck- und Nebengebirge (z. B. Konkretionsbildungen) beeinflusst werden. Die Aktivität der Mikroorganismen kann einen Abbau organischer Bestandteile in den Endlagergebieten bewirken und trägt damit zur Gasbildung im Nahfeld bei.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Globale klimatische Veränderungen, Permafrost, Hydrogeologische Veränderungen, Veränderung des Ökosystems, Deck- und Nebengebirge, Hydrochemische Verhältnisse	

<i>FEP-Nr.:</i> 2.2.09.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.2.09	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> in Bearbeitung	
Mikrobielle Prozesse in der Geosphäre			
		im Deck- und Nebengebirge, Oberflächengewässer, Maritime Bedingungen	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Geosphäre: Eigenschaften der Transportpfade, Hydrochemische Verhältnisse im Deck- und Nebengebirge	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Wirtsgestein:</i> Wird berücksichtigt		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Wird berücksichtigt	
<i>Bemerkungen:</i> Mikrobielle Prozesse im Nahfeld, den Strecken und Schächten werden im FEP Mikrobielle Prozesse im Grubengebäude behandelt.			
<i>Literaturquellen:</i> BIBO, F.-J.; SÖNGEN, R. & FRESENIUS, R. E. (1983): Vermehrungsfähige Mikroorganismen in Steinsalz aus primären Lagerstätten.-- Kali u. Steinsalz, Bd. 8 (1983), H. 11: 367-373, 11 B., 2 Tab.; Essen. KUEVER, J. & RABENSTEIN, A. (2005): Nachweis von sulfatreduzierenden Bakterien. (In: DGMK (Hrsg.): DGMK/ÖGEW-Frühjahrstagung des Fachbereichs Aufsuchung und Gewinnung am 28. und 29. April 2005 in Celle).-- DGMK (Deutsche Wissensch. Ges. für Erdöl, Erdgas und Kohle e.V.), Fachber. Aufsuchung u. Gewinnung, Tagungsbericht 2005-1 : 267-272, 1 Abb., 1 Tab.; Hamburg. PARKES, R. J. (2000): A case of bacterial immortality?-- Nature, Vol. 407, (19 Oct. 2000): S. 844, 2 Fig.; London. PEDERSEN, K. (1997): Investigations of subterranean micro-organisms and their importance for performance assessment of radioactive waste disposal. Results and conclusions archived during the period 1995 to 1997.-- Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co (SKB), TR- 97-22 : 284 S., 11 Papers, 3 App.; Stockholm. VREELAND, R. H.; PISELLI JR., A. F.; McDONNOUGH, S. & MEYERS, S. S. (1998): Distribution and diversity of halophilic bacteria in a subsurface salt formation.-- Extremophiles, 2 (1998): 321-331, 3 Fig., 3 Tab.; New York (Springer). VREELAND, R. H.; ROSENZWEIG, W. D. & POWERS, D. W. (2000): Isolation of a 250 million-year-old halotolerant bacterium from a primary salt crystal.-- Nature, Vol. 407, (19 Oct. 2000): S. 897, 1 Fig.; London.			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i>			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.2.09.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.2.09	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> in Bearbeitung	
Mikrobielle Prozesse in der Geosphäre			
Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.10.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.10	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Zersetzung von Organika			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> In diesem FEP werden alle Prozesse zusammengefasst, die zu einer Zersetzung von Organika führen. Dazu gehören die thermische Zersetzung von organischem Material sowie der Abbau durch mikrobielle Aktivitäten.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input checked="" type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input checked="" type="checkbox"/> indirekt <input type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.10.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.10	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Zersetzung von Organika			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Die Zersetzung von Organika hängt vom Wasserdargebot und der Verfügbarkeit anderer Stoffe wie Nitrat und Sulfat ab und geht in der Regel mit der Bildung von Gasen einher. Der dominierende Prozess ist in Salzlösungen die Methanogenese und damit die Bildung von Methan und Kohlendioxid (<i>Schulze 2002</i>): $C_6H_{10}O_5 + H_2O \rightarrow 3CH_4 + 3CO_2$ Die Zersetzung von Stoffen durch ionisierende Strahlung wird im FEP „Radiolyse“ berücksichtigt.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Bei den einzulagernden Abfällen handelt es sich um hochradioaktive Stoffe. Solche Abfälle enthalten keine organischen Bestandteile, sondern entweder abgebrannte Brennstäbe in speziellen Behältern oder in eine Glasmatrix eingegossene Abfälle aus der Wiederaufarbeitung. Auch die mittelradioaktiven kompaktierten Metallteile enthalten keine Organika. Im Einlagerungsbereich und in den technischen Barrieren wird die Verwendung organischer Stoffe weitgehend vermieden. Ausnahmen sind Isolierungen von elektrischen Leitungen und Plastikrohre in Kabeldurchführungen oder organische Bestandteile von Gebirgsankern (siehe FEP „Inventar: Organika“). Solche Plastikteile sind Gegenstand von langzeitsicherheitlichen Betrachtungen, soweit sie nicht vor dem endgültigen Verschließen des betreffenden Grubenteils wieder ausgebaut werden. Zur Abschirmung von Neutronen enthält der Pollux-Behälter für die Streckenlagerung Polyethylen in Bohrungen im Behältermantel und als Platte im Behälterdeckel. Die BSK-3-Kokille enthält im Deckelbereich ebenfalls eine entsprechende Abschirmplatte. Es wäre vorteilhaft und im Falle der Bohrlochlagerung von Kokillen wohl auch realisierbar, die Kunststoff-Neutronenabschirmung in die bei der Einlagerung verwendete Abschirmglocke zu integrieren. Dadurch würde eine Gasentwicklung bei der Zersetzung der Kunststoff-Abschirmelemente vermieden. Im Wirtsgestein können in begrenzten Bereichen Kohlenwasserstoffe vorkommen (siehe FEP „Rohstoffvorkommen im Wirtsgestein“).			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Durch die Zersetzung von Organika werden Verbindungen mit langkettigen Kohlenstoffgerüsten in kurzkettige organische Verbindungen oder sogar in anorganische Kohlenstoffverbindungen umgewandelt. Dabei entstehen Gase oder lösliche Kohlenstoffverbindungen, die zum Teil als Komplexmierungsmittel zum Transport von Radionukliden beitragen können. Durch die chemischen Prozesse kann sich das geochemische Milieu ändern.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> keine			
<i>Abhängigkeiten:</i>			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.1.10.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.10	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Zersetzung von Organika			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Inventar: Organika, Fluiddruck, Lösungen im Grubenbau, Geochemisches Milieu im Grubengebäude, Mikrobielle Prozesse im Grubengebäude, Wärmeproduktion	
<i>Resultierende FEPs:</i> Gasbildung		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Wegsamkeiten in Erkundungsbohrungen, Inventar: Organika, Eigenschaften der Behälter, Geochemisches Milieu im Grubengebäude, Kolloide	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Wird berücksichtigt		<i>Strecken und Schächte:</i> Wird berücksichtigt	
<i>Wirtsgestein:</i> Wird berücksichtigt		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Bemerkungen:</i> keine			
<i>Literaturquellen:</i> <i>RSK (Reaktor-Sicherheitskommission) (2005):</i> RSK-Stellungnahme: Gase im Endlager (379. Sitzung). - http://www.rskonline.de/ <i>Schulze, O. (2002):</i> Auswirkung der Gasentwicklung auf die Integrität geringdurchlässiger Barrieregesteine.-- BGR, unveröffentl. Ber.: 142 S., 27 Abb., 4 Tab., Anh. A-G; Hannover.			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.2.10.02	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.10	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Wärmebedingte Hebung/Senkung des Deckgebirges			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Durch den Zerfall insbesondere der kurzlebigen Radionuklide entwickelt sich Wärme, die eine Ausdehnung des Wirtsgesteins verursacht. Dadurch erfährt das Deckgebirge zunächst eine Hebung und nach Abklingen der Wärmeentwicklung eine Senkung.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input checked="" type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.2.10.02	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.10	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Wärmebedingte Hebung/Senkung des Deckgebirges			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Schiefstellungen der Tagesoberfläche sind wegen der negativen Auswirkungen auf Gebäude über ein bestimmtes Maß hinaus unzulässig und zu vermeiden (siehe ISIBEL AP 7). Dies wird jedoch nicht im Rahmen der radiologischen Sicherheit betrachtet. In diesem FEP ist explizit die Hebung und Senkung des Deckgebirges angesprochen. Die mechanischen Auswirkungen der thermischen Expansion im Wirtsgestein werden im FEP „thermisch bedingte Spannungsänderungen im Wirtsgestein“ berücksichtigt.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Abschätzende Rechnungen für den Referenzstandort von z. B. <i>Nipp, Heusermann (2000)</i> lassen ab Einlagerungsbeginn eine Hebung im Maximum von bis zu ca. 4 m erwarten. Das Gebiet oberhalb der Einlagerungsfelder liegt auf etwa 25 m über NN und wird sich durch die Erwärmung um bis zu 4 m anheben bzw. in der Abkühlung wieder absenken. Die thermisch bedingte Hebung erreicht ca. 2500 Jahre nach der Einlagerung ihr Maximum, und die Absenkung durch Abkühlung erfolgt nach ca. 10000 bis 30000 Jahren.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Übertägig ergeben sich Änderungen im Verlauf der Fließgewässer mit einem verstärkten Einschneiden in den Untergrund oder es entstehen Trocken- bzw. Vernässungszonen. Die Auswirkungen auf die hydrogeologischen Verhältnisse werden aber wegen des kleinen Hebungsbetrages, der zudem durch die flächenhafte Erosion zumindest teilweise reduziert wird, gering ausfallen.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Die Wärmeentwicklung aus dem Zerfall kurzlebiger Radionuklide ist innerhalb der ersten hundert Jahren besonders hoch. Die dadurch bedingten Hebung des Deckgebirges erfolgt ca. in den ersten 2500 Jahren nach dem Beginn der Einlagerung. Die Senkung verläuft wesentlich langsamer über einen Zeitraum von einigen 10000 Jahren.			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i>	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i>	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen.		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen.	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen.		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen.	

<i>FEP-Nr.:</i> 2.2.10.02	<i>NEA-Nr.:</i> 2.1.10	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Wärmebedingte Hebung/Senkung des Deckgebirges			
<i>Bemerkungen:</i> Da die Hebung des Deckgebirges um wenige Meter für einen sehr begrenztem Zeitabschnitt außer der dadurch möglicherweise geringfügig erhöhten lokalen Erosion ohne Auswirkungen bleibt, wird das FEP auch für das Deck- und Nebengebirge nicht berücksichtigt.			
<i>Literaturquellen:</i> <i>Nipp, H.-K. & Heusermann, S. (2000):</i> Erkundungsbergwerk Gorleben, Gebirgsmechanische Beurteilung der Integrität der Salzbarriere im Erkundungsbereich EB1 für das technische Endlagerkonzept 1 (Bohrlochlagerung, BSK3). Ergebnisbericht.-- BGR, unveröffentl. Ber., 0120209: 45 S., 8 Tab., 92 Anl.; Hannover. <i>ISIBEL (2007):</i> ISIBEL Abschlussbericht „Überprüfung und Bewertung des Instrumentariums für eine sicherheitliche Bewertung von Endlagern für HAW“, AP7 „Nachweiskonzepte für die Einhaltung der nicht radiologischen Schutzziele in der Nachbetriebsphase“			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.2.10.03	<i>NEA-Nr.:</i> 2.2.10.03	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Thermisch bedingte Spannungsänderungen im Wirtsgestein			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Das FEP umfasst die Spannungsänderungen im Wirtsgestein infolge Erwärmung durch den wärmeentwickelnden Abfall und infolge der anschließenden Abkühlung aufgrund nachlassender Wärmeproduktion oder infolge Abkühlung durch klimatischen Einfluss.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input checked="" type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung		<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs	
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input checked="" type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Wirtsgestein			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.2.10.03	<i>NEA-Nr.:</i> 2.2.10.03	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Thermisch bedingte Spannungsänderungen im Wirtsgestein			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i>			
<p>Aufgrund von atomaren Wechselwirkungen nimmt das Volumen eines Stoffes bei Erwärmung zu und bei Abkühlung ab. Wird eine solche thermisch bedingte Volumenänderung mechanisch behindert, entstehen in dem der Temperaturänderung unterworfenen Bereich sowie in den damit mechanisch wechselwirkenden Bereichen thermisch bedingte Spannungsänderungen.</p>			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i>			
<p>Nennenswerte Temperaturänderungen können durch die radioaktive Zerfallswärme der Abfälle oder bei umfangreichen klimatischen Veränderungen entstehen.</p> <p>Analog zu dem durch die Einlagerung verursachten Temperaturgradienten im Wirtsgestein ist das Ausmaß der thermisch bedingten Expansion des Wirtsgesteins je nach Abstand vom Einlagerungsbereich unterschiedlich. Verbunden mit der zunächst stärkeren Erwärmung und damit Ausdehnung des Wirtsgesteins in der Nähe des Einlagerungsbereiches kann es in größerer Entfernung zu einer zughafte Entlastung des Wirtsgesteins kommen. Zughafte Entlastungen im Wirtsgestein können außerdem durch Abkühlung infolge nachlassender Zerfallswärmeproduktion oder infolge eiszeitlicher Einwirkung auftreten.</p> <p>An den Grenzen zwischen Gesteinen mit unterschiedlichem Verformungsverhalten können besonders große Spannungsgradienten entstehen. Im Wirtsgestein am Referenzstandort sind solche Unterschiede im Verformungsverhalten an den Grenzen zwischen Steinsalz und Hauptanhydrit besonders ausgeprägt.</p> <p>In spröden Gesteinsbereichen, die von duktilen Gesteinen umgeben sind, ist das Auftreten von Spannungskonzentrationen möglich. Innerhalb des Wirtsgesteins am Referenzstandort zeigt der Hauptanhydrit sprödes Materialverhalten.</p>			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i>			
<p>Im duktilen Steinsalz des Wirtsgesteins können Zugspannungen mit der Bildung von Wegsamkeiten entstehen. Demnach muss in diesen Bereichen mit einem Verlust der Integrität gerechnet werden.</p> <p>Im Hauptanhydrit können bei entsprechenden initialen Spannungsbedingungen auch Druckspannungen lokal wegsamkeitsbildend wirken. Aufgrund seiner zu unterstellenden Klüftigkeit und seiner nachgewiesenen zerblochten Struktur sind aus diesem Prozess jedoch keine Beeinträchtigungen der Wirtsgesteinintegrität abzuleiten.</p> <p>Am Salzspiegel können Wegsamkeiten gebildet werden, wenn die kleinste Hauptnormalspannung kleiner wird als der hydrostatische Druck einer im Hutgestein anstehenden Lösung und diese Lösung in das Wirtsgestein eindringt.</p> <p>Wenn klimatische Veränderungen zu einer Minderung der Jahresmitteltemperaturen führen kann es zur Ausbildung eines Permafrostes kommen. In Abhängigkeit vom Ausmaß und Dauer der Abkühlung ist die Bildung von Kontraktionsrissen im Salzspiegelbereich möglich (vgl. FEP Permafrost).</p>			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.2.10.03	<i>NEA-Nr.:</i> 2.2.10.03	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Thermisch bedingte Spannungsänderungen im Wirtsgestein			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Die Wärmeentwicklung aus dem Zerfall von Radionukliden nimmt kontinuierlich ab. Aus dem nachlassenden Wärmeeintrag in das Gebirge und der Wärmeableitung durch das Wirtsgestein ergeben sich für das Wirtsgestein Temperaturverläufe, die ihre Maxima je nach Entfernung von den Einlagerungsbereichen nach frühestens einigen zehn und spätestens wenigen tausend Jahren erreichen. Nach einigen zehntausend Jahren wird sich ein vom ursprünglichen natürlichen Temperaturfeld am Referenzstandort kaum noch verschiedenes Temperaturfeld eingestellt haben. Das Auftreten von thermisch bedingten Spannungsänderungen ist daher auf einen Zeitraum von einigen zehntausend Jahren beschränkt. Klimatisch bedingte Spannungsänderungen finden im oberflächennahen Wirtsgestein nur während extremer Kaltzeiten mit Permafrost und ohne Inlandeisüberdeckung statt. Solch eine Situation ist frühestens nach etwa 60 bis 70 ka Jahren möglich.			
<i>Abhängigkeiten:</i>			
<i>Auslösende FEPs:</i> Wärmeproduktion, Thermische Expansion und Kontraktion		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Einlagerungsgeometrie, Permafrost, Wirtsgestein,	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Konvergenz, Rissbildung, Auflockerungszone, Klüfte im Wirtsgestein,	
<i>Handhabung:</i>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Wirtsgestein:</i> Wird berücksichtigt		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Bemerkungen:</i> Die thermisch bedingten Spannungsänderungen im Wirtsgestein müssen in Verbindung mit der Wärmeleitung und –speicherung in gekoppelten thermomechanischen Modellberechnungen berücksichtigt werden, um die von den Spannungsverhältnissen abhängige Integrität des Wirtsgesteins korrekt zu ermitteln. Die Auswirkungen auf das Deckgebirge werden in entsprechenden FEPs behandelt (z. B. Temperaturänderung am Salzspiegel).			
<i>Literaturquellen:</i> NIPP, H.-K. & HEUSERMANN, S. (2000): Erkundungsbergwerk Gorleben, Gebirgsmechanische Beurteilung der Integrität der Salzbarriere im Erkundungsbereich EB1 für das technische Endlagerkonzept 1 (Bohrlochlagerung, BSK3). Ergebnisbericht.-- BGR, unveröffentl. Ber., 0120209 : 45 S., 8 Tab., 92 Anl.; Hannover.			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.2.10.04	<i>NEA-Nr.:</i> 2.2.10.04	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Temperaturänderung am Salzspiegel			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Durch die Zerfallswärme der radioaktiven Abfälle wird die Salzstruktur aufgewärmt. Am Salzspiegel kommt es erst zu einer Temperaturerhöhung und später zu einer Temperaturabsenkung.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input checked="" type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung		<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs	
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input checked="" type="checkbox"/> indirekt <input type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.2.10.04	<i>NEA-Nr.:</i> 2.2.10.04	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Temperaturänderung am Salzspiegel			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Das Temperaturmaximum am Salzspiegel von ca. 40°C wird nach einigen tausend Jahren erreicht. Ab ca. 10.000 Jahre nach Verschluss des Endlagers stellt sich aufgrund der nachlassenden Wärmeproduktion durch die Abkühlung der Ausgangszustand wieder ein.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Nach einigen tausend Jahren erreicht das Maximum der Wärmefront den Salzspiegel und erhöht dort lokal über dem Endlager die Temperatur um ca. 15°C (z. B. NIPP, HEUSER-MANN 2000). Der Salzspiegel stellt die Basis des unteren Aquifers über der Salzstruktur dar. Am Salzspiegel ist das Grundwasser hoch und mit der Entfernung abnehmend zur Erdoberfläche geringer versalzen.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Je nach Fließgeschwindigkeit kann das Grundwasser durch die Temperaturänderung am Salzspiegel sich mehr oder weniger stark erwärmen und aufgrund der dann geringeren Dichte aufsteigen und somit das Fließregime beeinflussen. Eine erhöhte Subrosion ist durch eine höhere Lösungsfähigkeit des Grundwassers für den Zeitraum der Thermalphase möglich. Die Abkühlung des Grundwassers begünstigt danach Fällungsreaktionen. Für den gesamten Nachweiszeitraum von einer Million Jahre hat die Temperaturerhöhung bzw. die -erniedrigung während der thermischen Phase keinen signifikanten Einfluss auf die Grundwasserbewegung oder die Subrosion.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Auf die thermische Phase beschränkt.			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i> Wärmeproduktion		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Einlagerungsgeometrie, Permafrost, Wirtsgestein, Deck- und Nebengebirge, Geosphäre: Grundwasserströmung	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Subrosion	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Wirtsgestein:</i> Wird berücksichtigt		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Wird berücksichtigt	
<i>Bemerkungen:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.2.10.04	<i>NEA-Nr.:</i> 2.2.10.04	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Temperaturänderung am Salzspiegel			
<i>Literaturquellen:</i> NIPP, H.-K. & HEUSERMANN, S. (2000): Erkundungsbergwerk Gorleben, Gebirgsmechanische Beurteilung der Integrität der Salzbarriere im Erkundungsbereich EB1 für das technische Endlagerkonzept 1 (Bohrlochlagerung, BSK3). Ergebnisbericht. – BGR, unveröffentl. Ber., 0120209: 45 S., 8 Tab., 92 Anl., Hannover.			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.2.10.05	<i>NEA-Nr.:</i> 2.2.10	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Thermomigration			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Unter Thermomigration wird die Migration von Lösungseinschlüssen im Wärmefeld verstanden.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input checked="" type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung		<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs	
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input checked="" type="checkbox"/> indirekt <input type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.2.10.05	<i>NEA-Nr.:</i> 2.2.10	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Thermomigration			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Die von den Abfällen ausgehende Wärme heizt den Versatz und das umgebende Salzgebirge auf. Im Temperaturgradienten können Lösungseinschlüsse im Salzgestein in Richtung der höheren Temperatur vordringen (ANTHONY & CLINE 1974; OLANDER 1984). Für die Beweglichkeit der Lösungseinschlüsse spielt der Anteil einer Gasphase und die Größe der Lösungseinschlüsse eine Rolle (HOLDOWAY 1974: 306). Bei einem Gasanteil von mehr als 10 % bewegen sich die Einschlüsse unter Zerfall in mehrere Tochter-einschlüsse von der Wärmequelle fort (MÜLLER 1985). Lösungseinschlüsse unterhalb einer kritischen Größe sind immobil.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Das natürliche Salzgestein am Referenzstandort hat einen Wasseranteil von ca. 0,02 Vol.%, der auf Korngrenzen oder im Salzkristall in feinen Bläschen eingeschlossen ist und unter Gebirgsdruck steht. Solange ein genügend großer Temperaturgradient vorliegt, ist eine Migration möglich. Das Temperaturmaximum aufgrund der Heizleistung der Abfälle im Gebirge wird innerhalb von ca. 150 Jahren erreicht. Nach einigen tausend Jahren ist die Bedeutung des FEP nur noch gering. Nach etwa 10.000 Jahren liegen in der Teufe des Einlagerungsbereiches die Temperaturen mit ca. 40 °C im Niveau des natürlichen Temperaturfeldes (vgl. auch ENGELMANN et al. 1995).			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Wenn die migrierenden Lösungseinschlüsse in Kontakt mit den Abfallbehältern kommen, können sie deren Korrosion ermöglichen. Weiterhin sind Umkristallisationsprozesse von behälter-nahen Salzmineralien und Salzkrustenbildungen auf den Behältern möglich. Feuchte verändert das mechanische Verhalten von aufgelockertem Steinsalz und Salzgrusversatz. Die Menge des durch diesen Prozess freisetzbaren Wassers ist wahrscheinlich nur gering und gegenüber einer Anwesenheit von Versatzfeuchte unbedeutend. Im Wirtsgestein werden keine Lösungen angereichert, sondern lediglich im begrenzten Umfang von einigen Zentimetern verlagert.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Nur relevant bei großen Temperaturgradienten, also wahrscheinlich nicht mehr nach Erreichen des Temperaturmaximums im Gebirge in der Umgebung der Einlagerungsbehälter nach wenigen 100 Jahren.			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Wärmeproduktion, Wirtsgestein, Fluidvorkommen im Wirtsgestein	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Lösungen im Grubenbau	
<u>Handhabung:</u>			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.2.10.05	<i>NEA-Nr.:</i> 2.2.10	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Thermomigration			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Wirtsgestein:</i> Wird berücksichtigt		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Bemerkungen:</i> Keine			
<i>Literaturquellen:</i> <p>ANTHONY, T. R. & CLINE, H. E. (1974): Thermomigration of Liquid Droplets in Salt. (In: COOGAN, A. H. (Ed.): Fourth Symposium on Salt).- The Northern Ohio Geol. Soc., Vol. 1: 313-321, 4 Fig., 2 Tab.; Cleveland/Ohio/USA.</p> <p>ENGELMANN, H.-J.; BIURRUN, E.; FILBERT, W.; HANETZOG, G.; LOMMERZHEIM, A.; MÜLLER-HOEPPE, N.; RAITZ VON FRENTZ, R.; SCHRIMPF, C. & WAHL, A. (1995): Direkte Endlagerung ausgedienter Brennelemente DEAB (02E8201), Systemanalyse Endlagerkonzepte, Abschlussbericht.-- Deutsche Gesellschaft zum Bau und Betrieb von Endlagern für Abfallstoffe (DBE), Hauptband; Peine.</p> <p>HOLDOWAY, K. A. (1974): Behavior of Fluid Inclusions in Salt during Heating and Irradiation. (In: COOGAN, A. H. (Ed.): Fourth Symposium on Salt).- The Northern Ohio Geol. Soc., Vol. 1: 303-312, 14 Fig.; Cleveland/Ohio/USA.</p> <p>MÜLLER, E (1985): The Migration of Gas-filled Brine Inclusions in Rock Salt under a Temperature Gradient. Cryst. Res. Technol., Vol. 20, No 4, S. 521-526, 9 Fig., 1 Tab.</p> <p>OLANDER, D. R. (1984): A study of thermal-gradient-induced migration of brine inclusions in salt: Final report.- Office of Nuclear Waste Isolation, Battelle Mem. Inst., BMI/ONWI-538: 135 S., 35 Fig., 3 Tab., 2 App.; Columbus/Ohio/USA.</p>			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.2.10.06	<i>NEA-Nr.:</i> 2.2.10	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Thermische Carnallitzerersetzung			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Das Mineral Carnallit enthält sechs Moleküle Wasser, die es mit zunehmender Temperatur abgibt, wobei es verschiedene Hydratationsstufen gibt.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input checked="" type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input checked="" type="checkbox"/> indirekt <input type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.2.10.06	<i>NEA-Nr.:</i> 2.2.10	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Thermische Carnallitzerersetzung			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Die thermische Zersetzung von Carnallit ($\text{KMgCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) ist von der Temperatur und dem Wasserdampfpartialdruck abhängig (<i>Jockwer 1980</i>). Als untere Temperatur für die Wasserabgabe bei Atmosphärendruck kann ca. 80°C angesetzt werden. <i>Kern et al. (1980)</i> zeigen, dass die Wasserabgabe zusätzlich vom herrschenden Druck bestimmt wird. Bei niedrigen Drücken (wenige MPa) setzt die Wasserabgabe bei ca. 100°C ein, bei höheren Drücken (>10MPa) bei ca. 150°C. Die Wasserabgabe wird durch das inkongruente Schmelzen des Carnallits bei 167,5°C bei noch höheren Drücken begrenzt.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Aufgrund der im Endlagerkonzept zugelassenen Temperaturen von maximal 200°C ist die thermische Carnallitzerersetzung am Referenzstandort im Prinzip möglich. Ohne Beachtung eines Sicherheitsabstandes zu carnallithaltigen Schichten könnte durch die Abgabe des Hydratwassers aus dem Carnallit freies Wasser im Grubenbau auftreten, das für die Korrosion von Abfallbehältern zur Verfügung steht. Bei aufgelockertem Gebirge könnte die Feuchte zu beschleunigtem Kriechen im Steinsalz führen.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Da durch die Erkundungsmaßnahmen sichergestellt wird, dass keine signifikanten Mengen an Carnallit im Einlagerungsbereich vorhanden sind, sind keine Auswirkungen zu besorgen.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Die durch die eingelagerten hochradioaktiven Abfälle hervorgerufenen Temperaturerhöhungen erreichen ihr Maximum nach wenigen 100 Jahren.			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i>	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i>	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Bemerkungen:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.2.10.06	<i>NEA-Nr.:</i> 2.2.10	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Thermische Carnallitzersetzung			
<i>Literaturquellen:</i> <i>Jockwer, N. (1980): Die thermische Kristallwasserfreisetzung des Carnallits in Abhängigkeit von der absoluten Luftfeuchtigkeit.-- Kali und Steinsalz, Bd. 8 (1980), H. 2: 55-58, 5 B.; Essen.</i> <i>Kern, H. & Franke, J.-H. (1980): Thermische Stabilität von Carnallit unter Lagerstättenbedingungen.-- Glückauf-Forsch.-H., 41/6: 252-255, 6 B.; Essen.</i>			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.2.10.07	<i>NEA-Nr.:</i> 2.2.10	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Schmelzen des Wirtsgesteins			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Als Schmelzen wird der Phasenübergang eines Stoffes vom festen in den flüssigen Aggregatzustand bezeichnet.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input checked="" type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.2.10.07	<i>NEA-Nr.:</i> 2.2.10	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Schmelzen des Wirtsgesteins			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Das Ausmaß eines Phasenübergangs eines Minerals von fest zu flüssig ist abhängig von den herrschenden Temperatur- und Druckbedingungen. Dabei nehmen in der Regel die Schmelztemperaturen mit zunehmendem Druck ab. Bei Mineralgemischen spielt zusätzlich die Zusammensetzung eine große Rolle, oft handelt es sich dabei um eutektische Gemische mit einem erniedrigten Schmelzpunkt.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Der Großteil der Salzminerale, aus denen das Wirtsgestein gebildet wird, weisen eine hohe thermische Stabilität auf. Die Minerale Halit (NaCl) und Sylvin (KCl) haben nahezu identische Schmelztemperaturen von ca. 800°C (bei Atmosphärendruck). Ein Gemisch von Halit und Sylvin schmilzt dagegen bei 660°C. Carnallit hat die niedrigste Schmelztemperatur unter den evaporitischen Mineralen von 168°C.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Aufgrund der im Endlager konzeptionell bedingten maximalen Temperatur von 200°C und der räumlichen Entfernung des Carnallit vom Einlagerungsbereich können gefährdende Temperaturen nicht erreicht werden. Das Schmelzen und die damit verbundene Reduzierung der Integrität des Wirtsgesteins sind daher am Standort nicht gegeben.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Die durch die eingelagerten hochradioaktiven Abfälle hervorgerufenen Temperaturerhöhungen erreichen ihr Maximum nach wenigen 100 Jahren.			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i>	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i>	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Bemerkungen:</i> Wird bei der Standortauswahl und durch die Endlagerauslegung berücksichtigt.			
<i>Literaturquellen:</i> ISIBEL (2007): ISIBEL Abschlussbericht „Überprüfung und Bewertung des Instrumentariums für eine sicherheitliche Bewertung von Endlagern für HAW“, Aufgabenpaket AP 1.2: Konzeptionelle Endlagerplanung.			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.2.10.07	<i>NEA-Nr.:</i> 2.2.10	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Schmelzen des Wirtsgesteins			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.2.12.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.2.12	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Unerkannte Merkmale			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Das FEP beinhaltet integritätsrelevante Merkmale, deren Vorhandensein nicht erkannt wurde.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input checked="" type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.2.12.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.2.12	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Unerkannte Merkmale			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Zu unerkannten Merkmale könnte beispielsweise eines bei der Erkundung nicht entdeckten Kohlenwasserstoff-Vorkommens im Hauptsalz gehören.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Die Arbeiten am Referenzstandort wurden nach dem Stand von Wissenschaft und Technik durchgeführt. Darüber hinaus gehend lassen sich keine weiteren Erkenntnisse gewinnen. Annahmen über etwaige unerkannte Merkmale wären spekulativ und sind daher in einer systematischen Szenarienanalyse abzulehnen.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Keine			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i>	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i>	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Bemerkungen:</i> Keine			
<i>Literaturquellen:</i>			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.2.12.02	<i>NEA-Nr.:</i> 2.2.12	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Fehlinterpretierte Erkundungsergebnisse			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Fehlerhafte Vorstellungen über den geologischen Aufbau des Untergrunds im Bereich des Endlagers, die aus menschlichem oder technischem Versagen während der Erkundung resultieren.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input checked="" type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.2.12.02	<i>NEA-Nr.:</i> 2.2.12	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Fehlinterpretierte Erkundungsergebnisse			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Die Wahrscheinlichkeit von fehlinterpretierten Erkundungsergebnissen ist bei der Anwendung indirekter Methoden (z. B. Radar) zur Erkundung nicht aufgeschlossener Gebirgsbereiche größer als bei der Anwendung direkter Methoden (z. B. Bohrungen). Das FEP geht von der Vorstellung aus, dass beispielsweise eine Laugentasche nicht erkannt oder der Abstand des Endlagers zur Grenze zwischen Steinsalz und Hauptanhydrit wegen einer Fehlfunktion in einer Radarmessung für größer gehalten wird, als er tatsächlich ist, oder dass dieselbe Fehleinschätzung sich durch einen Fehler in der Datenarchivierung oder einen Bedienfehler der Auswertesoftware ergibt.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Das Ausmaß der Fehlinterpretation von Erkundungsergebnissen ist durch die gute Aufschlussituation gering. Fehlinterpretationen sollen außerdem durch den planmäßigen Einsatz verschiedener Erkundungsmethoden und geeigneten Qualitätssicherungsmaßnahmen vermieden werden.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Mögliche Auswirkungen am Standort sind minimal, da der eigentliche Einlagerungsbereich durch Aufschlüsse (Strecken, Einlagerungsbohrungen) direkt zugänglich und genauestens erkundet sein wird.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i>	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i>	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Bemerkungen:</i> Die aus Fehlinterpretationen resultierenden Unsicherheiten werden nicht im Rahmen der systematischen Szenarienentwicklung berücksichtigt. Sie sollen im Rahmen der Konsequenzenanalyse gesondert berücksichtigt werden.			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.2.12.02	<i>NEA-Nr.:</i> 2.2.12	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Fehlinterpretierte Erkundungsergebnisse			
<i>Literaturquellen:</i>			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.2.13.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.2.13	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Rohstoffvorkommen			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Rohstoffvorkommen bezeichnen förderwürdige Mengen von Rohstoffen.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input checked="" type="checkbox"/> Randbedingung			<input type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.2.13.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.2.13	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Rohstoffvorkommen			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Rohstoffvorkommen am Referenzstandort sind ungeachtet ihrer Abbauwürdigkeit z. B. Salzminerale, Tone, Kiese, Braunkohle, etc. Das Gebiet der Salzstruktur Gorleben wurde nach 1947 im Rahmen der Exploration auf Kohlenwasserstoffe mit moderner Reflexionsseismik vermessen. Im Jahr 1957 wurde die Erdölaufschlussbohrung Gorleben Z1 niedergebracht. Die Arbeiten erbrachten keine Erkenntnisse über förderwürdige Kohlenwasserstoffvorkommen.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Rohstoffvorkommen sind in Form oberflächennaher Sand-/Kieslagerstätten vom Referenzstandort bekannt. Andere Rohstoffvorkommen gelten heute als nicht abbauwürdig.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> eine. Von den geringen Kohlenwasserstoffvorkommen im Deck- und Nebengebirge gehen keine Auswirkungen auf das Endlager aus. Kohlenwasserstoffe können aber grundsätzlich migrierende Radionuklide im Bereich der Vorkommen binden. Das Vorhandensein oder die Vermutung eines Rohstoffvorkommens könnte Anlass für zukünftige Generationen sein, mit einer geologischen Erkundung und Bohraktivitäten im Gebiet des Referenzstandortes zu beginnen.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i>	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i>	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Bemerkungen:</i> Das FEP wird bei den Betrachtungen zu "human intrusion"-Szenarien berücksichtigt.			
<i>Literaturquellen:</i>			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.3.01.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.3.01	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Topographie und Morphologie			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Dieses FEP umfasst die Ortsbeschreibung und Darstellung der Tagesoberfläche des Georaumes sowie die Lagebeziehung seiner Geoelemente.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input checked="" type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.3.01.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.3.01	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Topographie und Morphologie			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Tektonische, epirogenetische oder orogene Prozesse verursachen langfristig eine Umgestaltung der Landschaft. Auch die Auswirkungen einer erneuten Kaltzeit können diesbezüglich erhebliche Veränderungen nach sich ziehen.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Das Gebiet um den Referenzstandort gehört zum Elbe-Urstromtal, das in diesem Bereich besonders breit ist. Es lässt sich in drei typische Landschaftsformen gliedern: <ol style="list-style-type: none"> 1. Die äußerst flachen Niederungen und Flußauen der Elbe und Ihrer Zuflüsse, 2. Die weitläufige Ebene des Elbe-Urstromtals, welches zu den Rändern allmählich ansteigt und 3. Die Geestinseln, die als isolierte Höhenrücken im Elbe-Urstromtal liegen. Die Ränder des Urstromtales weisen nach Nordosten hin landschaftsgestaltende Endmoränenrücken und andere kaltzeitlichen Ablagerungen der Weichsel-Kaltzeit und nach Südwesten entsprechende Ablagerungen der Saale-Kaltzeit auf. Details siehe Standortberichte von KLINGE, BOEHME et al. (2007) u. KÖTHE, HOFFMANN et al. (2007). Im Betrachtungszeitraum sind erhebliche Veränderungen der Morphologie im Verlauf einer nächsten Kaltzeit zu erwarten.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Änderungen der Morphologie beeinflussen Grundwasserspiegel, Grundwasserbewegung und Entwässerungssysteme.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Lokale Differentialbewegungen, Erosion, Sedimentation, Diapirismus, Transgression, Regression, Permafrost, Inlandvereisung in randlicher Lage, Vollständige Inlandsvereisung, Deck- und Nebengebirge	
<i>Resultierende FEPs:</i> Oberflächengewässer		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Erosion, Sedimentation, Hydrogeologische Veränderungen, Geosphäre: Grundwasserströmung	

<i>FEP-Nr.:</i> 2.3.01.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.3.01	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Topographie und Morphologie			
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Wird berücksichtigt	
<i>Bemerkungen:</i> Keine			
<i>Literaturquellen:</i> KLINGE, H.; BOEHME, J.; GRISSEMAN, C.; HOUBEN, G.; LUDWIG, R.-R.; RÜBEL, A.; SCHELKES, K.; SCHILDKNECHT, F. & SUCKOW, A. (2007): Standortbeschreibung Gorleben. Teil 1: Die Hydrogeologie des Deckgebirges des Salzstocks Gorleben.-- Geol. Jb., C 71 : 147 S., 59 Abb., 4 Tab., 1 Anl.; Hannover. KÖTHE, A.; HOFFMANN, N.; KRULL, P.; ZIRNGAST, M. & ZWIRNER, R. (2007): Standortbeschreibung Gorleben. Teil 2: Die Geologie des Deck- und Nebengebirges des Salzstocks Gorleben.-- Geol. Jb., C 72 : 201 S., 42 Abb., 19 Tab.; Hannover.			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.3.02.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.3.02	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Böden			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Boden ist die obere Schicht der Erdkruste einschließlich der flüssigen Bestandteile (Bodenlösung) und der gasförmigen Bestandteile (Bodenluft) ohne Grundwasser und Gewässerbetten, soweit sie Lebensgrundlage und Lebensraum für Menschen, Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen sein kann.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input checked="" type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.3.02.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.3.02	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Böden			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Boden besteht aus verwitterten Gesteinen als mineralischem Bestandteil und zersetzten Pflanzenresten als organischer Bodensubstanz.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Die Böden des Referenzgebietes sind mit dem Ende der letzten Kaltzeit entstanden und reichen in eine Tiefe bis ca. 1 m. Weitere Details sind im Standortbericht von ZIRNGAST, ZWIRNER et al. (2004) nachzulesen.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> In Böden können sich Schadstoffe anreichern, die von hier in die angrenzende Biosphäre übergehen können. Innerhalb der Geosphäre spielen Böden für etwaige Ausbreitungsvorgänge von Radionukliden aus dem Endlager keine Rolle. Sie können aber beim Übergang und der Verbreitung von Radionukliden in der Biosphäre bedeutsam sein.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i>	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i>	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Bemerkungen:</i> Böden sind Teil der Biosphäre, die in Form einer regulatorisch vorgegebenen Referenzbiosphäre separat berücksichtigt wird.			
<i>Literaturquellen:</i> ZIRNGAST, M.; ZWIRNER, R.; BORNEMANN, O.; FLEIG, S.; HOFFMANN, N.; KÖTHE, A.; KRULL, P. & WEISS, W. (2004): Projekt Gorleben. Schichtenfolge und Strukturbaue des Deck- u. Nebengebirges. Abschlussbericht.-- BGR, unveröffentl. Ber.: 570 S., 42 Abb., 32 Tab., 195 Anl., 1 Anh.; Hannover.			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.3.03.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.3.03.01	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Aquifere			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Aquifere sind innerhalb einer Gesteinsabfolge flächig verbreitete, das Grundwasser leitende Schichten, die im Gegensatz zu Aquitarden (Grundwassergeringleiter) eine höhere Grundwasserdurchlässigkeit aufweisen.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input checked="" type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.3.03.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.3.03.01	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Aquifere			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Keine			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Am Referenzstandort sind im Deckgebirge ein unterer und oberer Grundwasserleiter in quartären Lockersedimenten ausgebildet. Die in den Randsenken gelegenen Unteren Braunkohlensande (Tertiär) stellen den wichtigsten Grundwasserleiter des Nebengebirges dar. Weitere Details sind im Standortbericht von KLINGE, BOEHME et al. (2007) nachzulesen.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Die Eigenschaften der Aquifere in Deck- und Nebengebirge spielen eine entscheidende Rolle bei Strömungsvorgängen im Untergrund und damit auch bei einer etwaigen Ausbreitung von Schadstoffen sowie bei Subrosionsvorgängen.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i> Deck- und Nebengebirge		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Lokale Differentialbewegungen, Permafrost, Inlandvereisung in randlicher Lage, Vollständige Inlandsvereisung, Wegsamkeiten in Erkundungsbohrungen, Störungen und Störungszonen	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Geosphäre: Eigenschaften der Transportpfade, Geosphäre: Grundwasserströmung, Hydrochemische Verhältnisse im Deck- und Nebengebirge, Advektion, Konvektion, Diffusion, Matrixdiffusion, Mechanische Dispersion,	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Wirtsgestein:</i> Wird berücksichtigt		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Wird berücksichtigt	
<i>Bemerkungen:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.3.03.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.3.03.01	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Aquifere			
<i>Literaturquellen:</i> KLINGE, H.; BOEHME, J.; GRISSEMANN, C.; HOUBEN, G.; LUDWIG, R.-R.; RÜBEL, A.; SCHELKES, K.; SCHILDKNECHT, F. & SUCKOW, A. (2007): Standortbeschreibung Gorleben. Teil 1: Die Hydrogeologie des Deckgebirges des Salzstocks Gorleben.-- Geol. Jb., C 71 : 147 S., 59 Abb., 4 Tab., 1 Anl.; Hannover.			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.3.04.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.3.04	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Oberflächengewässer			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Oberflächengewässer sind an der Erdoberfläche frei anstehende Wassermengen wie beispielsweise Seen oder Flüsse.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input checked="" type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input checked="" type="checkbox"/> indirekt <input type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.3.04.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.3.04	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Oberflächengewässer			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Die Oberflächengewässer sind Teil des hydraulischen Regimes des Aquifersystems.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Größtes Oberflächengewässer ist die Elbe. Alle Flüsse und die sie sammelnden Bäche sind auf diesen Vorfluter ausgerichtet. Der natürliche Lauf der Fließgewässer ist durch den Menschen stark beeinflusst worden. Als Beispiele für Seen im Bereich der Salzstruktur Gorleben-Rambow sind der Laascher See, der Gartower See und der Rudower See zu nennen. Weitere Details ergeben sich aus dem Standortbericht von KLINGE, H.; BOEHME, J. et al. (2007).			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Die Eigenschaften eines Aquifersystems mit dem Teil Oberflächengewässer spielen eine entscheidende Rolle bei Strömungsvorgängen im Untergrund und damit auch bei einer etwaigen Ausbreitung von Schadstoffen und Subrosionsvorgängen.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i> Topographie und Morphologie		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Lokale Differentialbewegungen, Globale klimatische Veränderungen, Permafrost, Inlandvereisung in randlicher Lage, Vollständige Inlandsvereisung, Veränderung des Ökosystems, Veränderungen der menschl. Lebensweise, Menschlicher Einfluss auf das Klima, Störungen und Störungszonen, Maritime Bedingungen	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Erosion, Sedimentation, Permafrost, Hydrogeologische Veränderungen, Geosphäre: Eigenschaften der Transportpfade, Geosphäre: Grundwasserströmung, Hydrochemische Verhältnisse im Deck- und Nebengebirge, Mikrobielle Verhältnisse in der Geosphäre, Radionuklidtransport in der flüssigen Phase	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen	

<i>FEP-Nr.:</i> 2.3.04.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.3.04	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Oberflächengewässer			
<i>Wirtsgestein:</i> Wird berücksichtigt		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Wird berücksichtigt	
<i>Bemerkungen:</i> Keine			
<i>Literaturquellen:</i> KLINGE, H.; BOEHME, J.; GRISSEMAN, C.; HOUBEN, G.; LUDWIG, R.-R.; RÜBEL, A.; SCHELIKES, K.; SCHILDKNECHT, F. & SUCKOW, A. (2007): Standortbeschreibung Gorleben. Teil 1: Die Hydrogeologie des Deckgebirges des Salzstocks Gorleben.-- Geol. Jb., C 71: 147 S., 59 Abb., 4 Tab., 1 Anl.; Hannover.			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.3.05.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.3.05	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Küstenlinien			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Eine Küstenlinie ist die Trennlinie zwischen Land und Meer.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input checked="" type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.3.05.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.3.05	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Küstenlinien			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Keine			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Die Küste der Nordsee ist vom Referenzstandort ca. 200 km, die der Ostsee ca. 100 km entfernt.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Eine Verlagerung der Küstenlinie ist von Erosions- und Sedimentationsvorgängen begleitet. Durch die Nähe eines Meeres und werden die hydrogeologischen Verhältnisse (z. B. Strömungsvorgänge, Grundwasserversalzung, etc.) beeinflusst. Für den Referenzstandort wird das FEP wichtig, wenn die Küstenlinie durch eine Transgression/Regression verlegt wird und in der Nähe des Standortes verläuft.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Küstenlinien unterliegen einer ständigen Veränderung.			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i>	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i>	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Bemerkungen:</i> Die Auswirkungen einer Verlagerung der Küstenlinie sind im FEP Transgression/Regression berücksichtigt.			
<i>Literaturquellen:</i>			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.3.06.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.3.06	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Maritime Bedingungen			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Bedingungen am Referenzstandort bei einer Überdeckung durch das Meer.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input checked="" type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung		<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs	
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input checked="" type="checkbox"/> indirekt <input type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.3.06.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.3.06	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Maritime Bedingungen			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Keine			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Zur Zeit liegen keine maritimen Bedingungen am Referenzstandort vor. Sie können sich einstellen, wenn eine Überdeckung des Referenzstandortes durch das Meer sich aus einer Änderung der Klimaverhältnisse ergibt. Eine Erhöhung der globalen Jahresmitteltemperaturen kann zu einem Abschmelzen der großen Inlandgletscher in der Antarktis und in Grönland führen und eine Meeresspiegelerhöhung von ca. 60 bis 70 m (RAHMSTORF, SCHELLNHUBER 2006) verursachen. Dies brächte eine vollständige Überflutung des Geländes mit sich, da die Oberfläche des Referenzstandortes nur ca. 30 m über dem heutigen Meeresspiegel liegt. Bei einer erneuten Kaltzeit sinkt der Meeresspiegel und das Meer entfernt sich vom Referenzstandort. Die natürliche Senkungstendenz (vgl. FEP Senkung der Erdkruste) des Gebietes ist klein, würde aber in geologischen Zeiträumen zur Überflutung des Standortes führen. Im Nachweiszeitraum sind die Auswirkungen von Kaltzeiten aber wesentlich intensiver als solch eine epirogenetisch verursachte Absenkung, so dass das Entstehen maritimer Bedingungen im Wesentlichen durch die Intensitäten und den Verlauf der zukünftigen Kaltzeiten gesteuert werden.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Der Wechsel zu maritimen Bedingungen ist von einer Transgression des Meeres begleitet. Während maritimer Bedingungen kommt es bevorzugt zu einer Sedimentation am Referenzstandort. Maritime Bedingungen haben Auswirkungen auf die Transportwege in der Geosphäre und der Biosphäre sowie auf Subrosionsvorgänge. Eine vollständige Überflutung des Referenzstandortes und angrenzender Gebiete würde die Grundwasserverhältnisse vollkommen verändern. Das Meerwasser würde in den Boden eindringen und in Abhängigkeit von Druckdifferenz und Dichteunterschied zwischen den Wässern zu bevorzugt vertikalen Grundwasserbewegungen führen, da die vorher vorhandenen Grundwasseraufstromgebiete fehlen. Durch eine Überflutung des Referenzstandortes erfährt das Gebirge in Abhängigkeit von der als Auflast wirkenden Wassersäule eine Druckerhöhung. Daraus resultieren Veränderungen der Spannungsverhältnisse im Wirtsgestein.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i> Transgression, Regression		<i>Beeinflussende FEPs:</i>	

<i>FEP-Nr.:</i> 2.3.06.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.3.06	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Maritime Bedingungen			
<i>Resultierende FEPs:</i> Hydrogeologische Veränderungen, Veränderung des Ökosystems, Veränderungen der menschl. Lebensweise		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Erosion, Sedimentation, Konvergenz, Geosphäre: Grundwasserströmung, Hydrochemische Verhältnisse im Deck- und Nebengebirge, Mikrobielle Verhältnisse in der Geosphäre, Oberflächengewässer, Radionuklidtransport in der flüssigen Phase	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Strecken und Schächte:</i> Wird berücksichtigt	
<i>Wirtsgestein:</i> Wird berücksichtigt		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Wird berücksichtigt	
<i>Bemerkungen:</i> Keine			
<i>Literaturquellen:</i> RAHMSTORF, S. & SCHELLNHUBER, H. J. (2006): Der Klimawandel. Diagnose, Prognose, Therapie.-- WISSEN, 3. Aufl.: 144 S., 25 Abb., 2 Tab.; München (C. H. Beck).			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.3.07.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.3.07	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Atmosphäre			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Die Atmosphäre wird aus den Luftmassen oberhalb der Erdoberfläche gebildet.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input checked="" type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.3.07.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.3.07	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Atmosphäre			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Keine			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Die Atmosphäre weist am Referenzstandort keine Besonderheiten auf.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Die Atmosphäre kann direkte Auswirkungen auf eine etwaige Verbreitung von Radionukliden in der Biosphäre haben.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i>	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i>	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Bemerkungen:</i> Die Auswirkungen von innerhalb der Atmosphäre ablaufenden Vorgängen, die oberflächennahe Gesteine und Böden beeinflussen, sind durch entsprechende FEP (z. B. Erosion) berücksichtigt. Die Atmosphäre ist Teil der Biosphäre, die in Form einer regulatorisch vorgegebenen Referenzbiosphäre separat berücksichtigt wird.			
<i>Literaturquellen:</i>			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.3.08.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.3.08	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Vegetation			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Das FEP Vegetation als Teil der Biosphäre umfasst die am Standort vorkommenden Pflanzen.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input checked="" type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.3.08.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.3.08	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Vegetation			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Großräumige natürliche Veränderungen der Vegetation sind hauptsächlich klimatisch bedingt.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Die heutige Vegetation ist gekennzeichnet durch die Bewirtschaftung des Geländes. Am Referenzstandort besteht vorwiegend ein Kiefernwald auf Flugsanddecken und Dünenbildungen. Informationen zur Vegetation sind in KLINGE, BOEHME et al. (2007) enthalten.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Die Vegetation kann etwaige Radionuklidanreicherungen in der Nahrungskette beeinflussen. Rückwirkungen der Vegetation auf das lokale Klima sind möglich.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i>	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i>	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Bemerkungen:</i> Die Auswirkungen der von der Vegetation ausgehenden Einwirkungen auf oberflächennahe Gesteine und Böden sind durch entsprechende FEP (z. B. Erosion) berücksichtigt. Die Vegetation ist Teil der Biosphäre, die in Form einer regulatorisch vorgegebenen Referenzbiosphäre separat berücksichtigt wird.			
<i>Literaturquellen:</i> KLINGE, H.; BOEHME, J.; GRISSEMANN, C.; HOUBEN, G.; LUDWIG, R.-R.; RÜBEL, A.; SCHELIKES, K.; SCHILDKNECHT, F. & SUCKOW, A. (2007): Standortbeschreibung Gorleben. Teil 1: Die Hydrogeologie des Deckgebirges des Salzstocks Gorleben.-- Geol. Jb., C 71: 147 S., 59 Abb., 4 Tab., 1 Anl.; Hannover.			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.3.09.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.3.09.01	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Tiere			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Das FEP umfasst die Tierpopulation am Referenzstandort in ihrer zeitlichen Variabilität.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input checked="" type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.3.09.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.3.09.01	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Tiere			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Tierpopulationen sind abhängig von der klimatischen Entwicklung und der Entwicklung der menschlichen Gesellschaft.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Wildtiere und Nutzvieh als Nahrungsgrundlage für den Menschen sind am Standort vorhanden.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Tierpopulationen spielen eine Rolle in der Nahrungskette, indem Tiere Radionuklide aufnehmen oder anreichern können. Die Auswirkungen von Tieren auf die Geosphäre und damit auf das Endlager sind nicht von Bedeutung.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i>	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i>	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Bemerkungen:</i> Tiere sind Teil der Biosphäre, die in Form einer regulatorisch vorgegebenen Referenzbiosphäre separat berücksichtigt wird.			
<i>Literaturquellen:</i>			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.3.10.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.3.10	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Wetter			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Unter Wetter wird der augenblickliche Zustand der Atmosphäre verstanden, gekennzeichnet durch meteorologische Größen wie Temperatur, Luftdruck, Feuchte etc.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input checked="" type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.3.10.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.3.10	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Wetter			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Der Begriff Klima fasst dagegen das Wettergeschehen über einen längeren Zeitraum von mehreren Jahren zusammen.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Der Referenzstandort liegt in der warmgemäßigten Klimazone mit entsprechenden Wetterverhältnissen.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Wegen der Teufenlage des Endlagers mehrere hundert Meter unter der Erdoberfläche kann auch extremes Wettergeschehen wie große Hitze oder Starkregen ein verschlossenes Endlager nicht beeinflussen.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i>	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i>	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Bemerkungen:</i> Die mit dem Wetter verbundenen Auswirkungen an der Erdoberfläche (z. B. Erosion) sind durch andere FEPs berücksichtigt. Langfristige mit dem Wetter verbundene Wirkungen sind in den Klima-FEPs berücksichtigt.			
<i>Literaturquellen:</i>			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.3.11.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.3.11	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Hydrologisches System			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Das hydrologische System beschreibt die Erscheinungsformen und die Verbreitung des Oberflächenwassers. Darüber hinaus sind darin Angaben zum Wasserhaushalt enthalten.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input checked="" type="checkbox"/> Randbedingung		<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs	
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.3.11.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.3.11	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Hydrologisches System			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Keine			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Das Hydrologische System ist im Standortbericht von KLINGE, BOEHME et al. (2007) beschrieben.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Die Hydrologie beeinflusst das hydrogeologische System. Die Eigenschaften des hydrogeologischen Systems sind für eine etwaige Ausbreitung von Schadstoffen im Deckgebirge entscheidend sowie für Subrosionsvorgänge bedeutsam.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i>	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i>	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Bemerkungen:</i> Keine			
<i>Literaturquellen:</i> KLINGE, H.; BOEHME, J.; GRISSEMANN, C.; HOUBEN, G.; LUDWIG, R.-R.; RÜBEL, A.; SCHELKES, K.; SCHILDKNECHT, F. & SUCKOW, A. (2007): Standortbeschreibung Gorleben. Teil 1: Die Hydrogeologie des Deckgebirges des Salzstocks Gorleben.-- Geol. Jb., C 71: 147 S., 59 Abb., 4 Tab., 1 Anl.; Hannover.			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.3.12.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.3.12	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Kurzfristige und lokal begrenzte Erosion und Sedimentation			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Kurzfristige Oberflächenerosion und Sedimentation sind Prozesse, bei denen die obersten Schichten der Geosphäre beispielsweise durch Einwirkung von Wasser oder Eis lokal abgetragen oder umgelagert werden.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input checked="" type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.3.12.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.3.12	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Kurzfristige und lokal begrenzte Erosion und Sedimentation			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Das FEP ist inhaltlich i. S. der FEP Erosion und Sedimentation zu verstehen, wobei hier die Kurzfristigkeit und lokale Begrenztheit der Prozesse hervorgehoben wird.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Im Gebiet des Referenzstandortes findet eine Oberflächenerosion bevorzugt an karg bewachsenen Stauch- und Endmoränenerhebungen sowie an Dünenbildungen statt. Niederungen sind das Sammelbecken für Ablagerungen (vgl. a. FEP Erosion und Sedimentation).			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Auswirkungen können auf die hydraulischen Verhältnisse im Untergrund und infolge veränderter Auflast auf die Spannungsverhältnisse bestehen.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i>	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i>	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Bemerkungen:</i> Abweichend von der NEA-FEP-Liste wird im Rahmen des ISIBEL Projektes keine Unterscheidung zwischen dem FEP Kurzfristige und lokal begrenzte Erosion und Sedimentation und dem FEP Erosion bzw. Sedimentation vorgenommen. Das FEP ist nicht zu berücksichtigen.			
<i>Literaturquellen:</i>			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.3.13.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.3.13	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Biosphäre			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Gesamtheit aller lebenden Organismen in der obersten Lithosphäre (hier: auf den Boden beschränkt), an der Erdoberfläche (einschl. Hydrosphäre) und der unteren Atmosphäre.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input checked="" type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 2.3.13.01	<i>NEA-Nr.:</i> 2.3.13	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Biosphäre			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Das FEP Biosphäre wurde aus dem NEA-FEP Ökologische/biologische/mikrobielle Systeme, Nr. 2.3.13 hergeleitet.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Die Biosphäre am Referenzstandort weist gegenüber den anderen Bereichen der norddeutschen Tiefebene keine größeren Abweichungen auf.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Merkmale des FEP wie beispielsweise die Vegetation und Tierpopulation können etwaige Radionuklidanreicherungen in der Nahrungskette beeinflussen.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i>	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i>	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Bemerkungen:</i> Das FEP wird in Form einer regulatorisch vorgegebenen Referenzbiosphäre separat berücksichtigt.			
<i>Literaturquellen:</i>			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 3.1.01.01	<i>NEA-Nr.:</i> 3.1.01	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Radioaktiver Zerfall			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Unter radioaktivem Zerfall versteht man die spontane, d.h ohne äußeren Anlass verlaufende, Umwandlung instabiler Atomkerne unter Abgabe einer charakteristischen ionisierenden Strahlung. Die Strahlung besteht aus Teilchen oder Photonen.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input checked="" type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input checked="" type="checkbox"/> indirekt <input type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 3.1.01.01	<i>NEA-Nr.:</i> 3.1.01	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Radioaktiver Zerfall			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Durch radioaktiven Zerfall entstehen Tochternuklide, die ihrerseits wieder zerfallen können, so dass eine Zerfallskette entsteht. Sprachlich korrekt ist eher der Begriff „radioaktive Umwandlung“, da ein echter Kernzerfall nur bei der α -Strahlung und spontanen Spaltungen erfolgt (<i>Stolz 2003</i>).			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Von den zahlreichen an den Zerfallsprozessen beteiligten Radionuklide sind für die Bewertung der Sicherheit eines Endlagers nur ein kleiner Teil von Interesse (<i>Rimkus & Storck 1985</i>): - Radionuklide, die zum Zeitpunkt der Einlagerung in radiologisch bedeutsamen Mengen vorliegen und die eine ausreichend hohe Lebensdauer haben, - kurzlebige Radionuklide mit einer hohen Aktivität, deren Zerfall und die dadurch verursachten Temperaturen und Gasentwicklungen eine Freisetzung langlebiger Radionuklide ermöglichen könnte und - Aktiniden am Ende der Zerfallsreihen, die zwar zum Zeitpunkt der Einlagerung kaum vorhanden sind, die aber durch den Zerfall von Mutternukliden aufgebaut werden. Die Relevanz eines Radionuklids hängt im Wesentlichen vom Anfangsinventar, von seiner Halbwertszeit (α -, β - oder γ -Strahlung) und der radiologischen Bewertung seiner Aktivität ab. Aber auch die physikalischen und chemischen Vorgänge im Nahfeld, in der Geosphäre und der Biosphäre spielen im Falle einer Freisetzung eine Rolle. Zusätzlich müssen Neutronen-Emitter bezüglich der Kritikalität betrachtet werden. Die Auswahl der Radionuklide wird insgesamt so breit angelegt sein, dass für unterschiedliche Szenarien und Einlagerungskonzepte alle relevanten Radionuklide in der Auswahl enthalten sind.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Durch den radioaktiven Zerfall ändert sich das Aktivitätsinventar im Endlager im Laufe der Zeit. Durch Aufbau kurzlebiger Tochternuklide kann sich die Gesamtaktivität erhöhen; durch Zerfall in stabile Isotope verringert sich die Gesamtaktivität. Durch den Zerfall wird Wärme produziert. Die beim Zerfall emittierte Strahlung kann zur Aktivierung, zur Radiolyse und zu einer Materialversprödung führen. Emittierte Neutronen beeinflussen die Kritikalität des radioaktiven Inventars. Die Matrix der Brennelemente ist durch den radioaktiven Zerfall direkt betroffen.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Inventar: Radionuklide, Gasförmige Radionuklide, Radioaktive organische Spezies	

<i>FEP-Nr.:</i> 3.1.01.01	<i>NEA-Nr.:</i> 3.1.01	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Radioaktiver Zerfall			
<i>Resultierende FEPs:</i> Wärmeproduktion, Strahlungsinduzierte Aktivierung, Materialversprödung durch Strahlung, Radiolyse		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Inventar: Radionuklide, Abfallmatrix: Zusammensetzung, Geochemisches Milieu im Grubengebäude, Gasförmige Radionuklide, Radioaktive organische Spezies, Radionuklidtransport in der flüssigen Phase, Feststoffgebundener Radionuklidtransport, Radionuklidtransport in der Gasphase	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Wird berücksichtigt		<i>Strecken und Schächte:</i> Wird berücksichtigt	
<i>Wirtsgestein:</i> Wird berücksichtigt		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Wird berücksichtigt	
<i>Bemerkungen:</i> keine			
<i>Literaturquellen:</i> <i>Koelzer, W. (2001):</i> Lexikon zur Kernenergie. – Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe. <i>Rimkus, D.; Storck, R. (1985):</i> Nuklidwahl für Aktivitätsinventare eines Endlagers hinsichtlich der Erfordernisse von Langzeitsicherheitsanalysen. – Projekt Sicherheitsstudien Entsorgung (PSE), Abschlussbericht, Berlin. <i>Stolz, W. (2003):</i> Radioaktivität: Grundlagen – Messung – Anwendungen. – 4. überarbeitete und erweiterte Auflage, Teubner Verlag, Stuttgart.			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 3.1.04.01	<i>NEA-Nr.:</i> 3.1.04	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Gasförmige Radionuklide			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Unter die gasförmigen Radionuklide fallen alle radioaktiven Isotope, die unter den chemisch-physikalischen Bedingungen im Endlagersystem als elementares Gas oder in gasförmigen Verbindungen auftreten können.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input checked="" type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 3.1.04.01	<i>NEA-Nr.:</i> 3.1.04	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Gasförmige Radionuklide			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i>			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> <p>Als gasförmige Radionuklide im Endlagersystem kommen vor allem</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tritium (^3H oder T) als tritiiertes gasförmiges Wasser (HTO), tritiiertes Wasserstoffgas (HT) oder tritiiertes Methan (CH_3T), - Radiokohlenstoff (^{14}C) als ^{14}C-Methan ($^{14}\text{CH}_4$) oder ^{14}C-Kohlendioxid ($^{14}\text{CO}_2$), - Iod 129 (^{129}I) als elementares Iodgas ($^{129}\text{I}_2$), Iodwasserstoff (H^{129}I) oder Methyljodid ($\text{CH}_3^{129}\text{I}$) - und die radioaktiven Edelgase, z.B. ^{222}Rn, <p>in Frage. Unter Endlagerbedingungen ist unter Berücksichtigung der Halbwertszeiten nur der Radiokohlenstoff relevant.</p>			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Bei der ungestörten Entwicklung des Endlagersystems, bei der es zu keinem Transport von Radionukliden in Lösungen kommt, ist die Freisetzung gasförmiger Radionuklide entweder diffusiv oder advektiv mit anderen Gasen der einzige mögliche Eintrag von Radionukliden aus dem Endlager in die Geosphäre und die Biosphäre.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i> Gasbildung		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Radioaktiver Zerfall	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Radioaktiver Zerfall, Radionuklid-Mobilisierung	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Wird berücksichtigt		<i>Strecken und Schächte:</i> Wird berücksichtigt	
<i>Wirtsgestein:</i> Wird berücksichtigt		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Wird berücksichtigt	
<i>Bemerkungen:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 3.1.04.01	<i>NEA-Nr.:</i> 3.1.04	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Gasförmige Radionuklide			
<i>Literaturquellen:</i> Noseck, U. et al. (2005): Wissenschaftliche Grundlagen zum Nachweis der Langzeitsicherheit von Endlagern. Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, GRS-204, Braunschweig.			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Bestimmung der chemischen Form, in der ¹⁴ C vorliegt			

<i>FEP-Nr.:</i> 3.1.05.01	<i>NEA-Nr.:</i> 3.1.05	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Radioaktive organische Spezies			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Unter die radioaktiven organischen Spezies fallen alle organischen Verbindungen, die radioaktive Isotope enthalten und unter den chemisch-physikalischen Bedingungen im Endlagersystem auftreten können.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input checked="" type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 3.1.05.01	<i>NEA-Nr.:</i> 3.1.05	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Radioaktive organische Spezies			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Unter organischen Verbindungen werden alle Kohlenstoffverbindungen verstanden, die stabile kovalente C-C- und C-H-Bindungen enthalten.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Für die Langzeitsicherheitsanalyse sind nur die langzeitstabilen organischen Verbindungen zu betrachten, im Wesentlichen CH ₄ und die entsprechenden Radionuklide Radiokohlenstoff (¹⁴ C) und Tritium (³ H oder T). Unter Endlagerbedingungen ist unter Berücksichtigung der Halbwertszeiten nur der Radiokohlenstoff relevant.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Für die Ausbreitung von ¹⁴ C ist es relevant, in welchen Verbindungen es vorliegt. Die Löslichkeit von Carbonaten ist häufig begrenzt, während viele organische Moleküle sehr gut löslich sind und auch nur wenig zurückgehalten werden.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Mikrobielle Prozesse, Radioaktiver Zerfall	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Radioaktiver Zerfall	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Wird berücksichtigt		<i>Strecken und Schächte:</i> Wird berücksichtigt	
<i>Wirtsgestein:</i> Wird berücksichtigt		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Wird berücksichtigt	
<i>Bemerkungen:</i> In einem HAW-Endlager werden nur wenig Organika eingelagert werden (FEP „Inventar: Organika). Obwohl Radionuklide nur zu einem sehr geringen Teil diese organischen Verbindungen aufbauen, werden radioaktive organische Spezies berücksichtigt.			
<i>Literaturquellen:</i> <i>Noseck, U. et al. (2005):</i> Wissenschaftliche Grundlagen zum Nachweis der Langzeitsicherheit von Endlagern. Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, GRS-204, Braunschweig.			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Bestimmung der chemischen Form, in der ¹⁴ C vorliegt			

<i>FEP-Nr.:</i> 3.2.01.01	<i>NEA-Nr.:</i> 3.2.01	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Radionuklid-Quellterm			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Der Quellterm beschreibt die zeitlich veränderlichen Konzentrationen der aus einem Einlagebereich freigesetzten Radionuklide in Lösung und in der Gasphase.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input checked="" type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 3.2.01.01	<i>NEA-Nr.:</i> 3.2.01	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Radionuklid-Quellterm			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Der Begriff „Radionuklid-Quellterm“ wird nicht einheitlich verwendet. Die vorliegende Definition bezieht sich auf die zeitlich veränderlichen Konzentrationen.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Der Quellterm wird für die eingelagerten Radionuklide betrachtet. Die Mobilisierung aus den unterschiedlichen Abfallarten (verglast, kompaktiert, eingebettet in Brennelementmatrix, usw.) und den sonstigen eingebrachten Materialien (Salzgrus-Versatz, technische Bauwerke) wird materialspezifisch berücksichtigt (siehe FEP „Radionuklid-Mobilisierung“). Der Radionuklid-Quellterm hängt von den zeitlichen Entwicklungen des geochemischen Milieus und der Mobilisierung in den Grubenbereichen ab.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Der Quellterm legt die zeitlich veränderliche Konzentration der transportierbaren Radionuklide in einem Einlagerungsbereich fest. Zusammen mit den Volumenströmen der Flüssigkeit und des Gases in der Grube bestimmt er die Anfangsströme der Radionuklide.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i> Radionuklid-Mobilisierung		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Lösungen im Grubenbau, Geochemisches Milieu im Grubengebäude	
<i>Resultierende FEPs:</i> Radionuklidtransport in der flüssigen Phase, Radionuklidtransport in der Gasphase		<i>Beeinflusste FEPs:</i>	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Wird berücksichtigt		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Bemerkungen:</i> keine			
<i>Literaturquellen:</i> Grambow, B.; Bernotat, W.; Kelm, M.; Kienzler, B.; Luckscheiter, B. (1999a): HAW-Glas: Auslaugverhalten und Freisetzung von Radionukliden. – FZK_INE 07/99, vorläufiger Abschlussbericht, unveröffentlicht, Karlsruhe.			

<i>FEP-Nr.:</i> 3.2.01.01	<i>NEA-Nr.:</i> 3.2.01	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Radionuklid-Quellterm			
<i>Loida, A.; Grambow, B.; Kelm, M.(1999b):</i> Abgebrannter LWR-Kernbrennstoff: Auslaugverhalten und Freisetzung von Radionukliden. – FZK_INE 09/99, vorläufiger Abschlussbericht, unveröffentlicht, Karlsruhe.			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 3.2.01.02	<i>NEA-Nr.:</i> 3.2.01	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Radionuklid-Mobilisierung			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Die Mobilisierung von Radionukliden beschreibt den Übergang der Radionuklide aus einem eingelagerten Abfall in wässrige Lösung oder in die Gasphase.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input checked="" type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 3.2.01.02	<i>NEA-Nr.:</i> 3.2.01	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Radionuklid-Mobilisierung			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Die Mobilisierung ist vom Radionuklid-Quellterm zu unterscheiden. Die Mobilisierung beschreibt nur den Übergang in die wässrige Lösung oder in die Gasphase, der Quellterm berücksichtigt darüber hinaus die vom geochemischen Milieu abhängige Rückhaltung durch Ausfällung und Sorption. Bei der Mobilisierung aus Feststoffen wird zumeist eine kongruent mit der Korrosion oder Zersetzung des Feststoffs erfolgende Freisetzung der enthaltenen Radionuklide angenommen.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Die Mobilisierung der Radionuklide erfolgt in den Einlagerungsorten. Für abgebrannte Brennelemente ist eine unterschiedliche Mobilisierung für - die Brennstoffmatrix, aus der die Radionuklide über einen sehr langen Zeitraum freigesetzt werden, - die Metallteile des Brennelementes einschließlich der Hüllrohre der Brennstäbe, aus denen der wesentliche Anteil der Aktivierungsenergie während einiger hundert Jahre nach dem Ausfall des Behälters freigesetzt wird, und - das Inventar, das annähernd instantan nach dem ersten Kontakt mit Wasser freigesetzt wird (instant release fraction, IRF), vor allem der Gasraum und die Kornoberfläche der Brennstoffmatrix, zu betrachten. Für HAW-Abfälle sind die Mobilisierungsraten von der Temperatur und dem geochemischen Milieu abhängig.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Die mobilisierten Radionuklide sind unter Berücksichtigung des geochemischen Milieus entscheidende Voraussetzung für den Radionuklid-Quellterm und stehen für einen Transport in Lösung oder in der Gasphase zur Verfügung.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i> Metallkorrosion, Matrixkorrosion		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Inventar: Radionuklide, Abfallmatrix: Eigenschaften, Fluiddruck, Gasförmige Radionuklide	
<i>Resultierende FEPs:</i> Radionuklid-Quellterm		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Geochemisches Milieu im Grubengebäude	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Wird berücksichtigt		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen	

<i>FEP-Nr.:</i> 3.2.01.02	<i>NEA-Nr.:</i> 3.2.01	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Radionuklid-Mobilisierung			
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Bemerkungen:</i> keine			
<i>Literaturquellen:</i> <i>Grambow, B.; Bernotat, W.; Kelm, M.; Kienzler, B.; Luckscheiter, B. (1999a):</i> HAW-Glas: Auslaugverhalten und Freisetzung von Radionukliden. – FZK_INE 07/99, vorläufiger Abschlussbericht, unveröffentlicht, Karlsruhe. <i>Loida, A.; Grambow, B.; Kelm, M. (1999b):</i> Abgebrannter LWR-Kernbrennstoff: Auslaugverhalten und Freisetzung von Radionukliden. – FZK_INE 09/99, vorläufiger Abschlussbericht, unveröffentlicht, Karlsruhe.			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 3.2.02.01	<i>NEA-Nr.:</i> 3.2.02	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Chemische Speziation			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Die Speziation beschreibt die Verteilung eines Elementes auf alle seine möglichen Verbindungen in einer Lösung unter definierten chemisch-physikalischen Bedingungen (pH-Wert, Eh-Wert, Temperatur, Ionenstärke, etc.).			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input checked="" type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input checked="" type="checkbox"/> indirekt <input type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 3.2.02.01	<i>NEA-Nr.:</i> 3.2.02	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Chemische Speziation			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Notwendige Grundlage für eine Ermittlung der Speziation ist eine thermodynamische Datenbank. Sie liefert die Grundlage für fundierte Aussagen darüber, in welchen Bindungsformen (Spezies) ein Element vorliegt. Ein typisches Beispiel ist die Speziation der Kohlensäure, die im Wesentlichen das Verhalten des anorganisch vorhandenen Kohlenstoffs (TIC) in wässrigen Lösungen bestimmt: Anorganischer Kohlenstoff liegt als Kohlendioxid, der sich durch Lösen des Kohlendioxids bildenden Kohlensäure und deren Dissoziationsstufen Hydrogenkarbonat und Karbonat vor. Das chemische Milieu (in diesem Fall vor allem der pH-Wert) bestimmt die Verteilung der Kohlensäurespezies (Sigg & Stumm 1989). Diese Verteilung (im Zusammenhang mit den Speziationen der anderen Elemente) bestimmt wiederum z.B. Lösungs-Fällungs-Reaktionen oder Komplexbildungen und damit wieder das chemische Milieu.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> In Abhängigkeit vom chemischen Milieu liegen die Elemente im Endlager in unterschiedlichen Spezies vor.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Die Spezies in einem chemischen System beeinflussen z.B. Lösungs-Fällungs-Reaktionen, Komplexierungsprozesse, die Wechselwirkungen von anderen Stoffen mit Radionukliden, die Transportmechanismen und die Gasbildung.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Fluiddruck, Geochemisches Milieu im Grubengebäude, Hydrochemische Verhältnisse im Deck- und Nebengebirge	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Geochemisches Milieu im Grubengebäude, Hydrochemische Verhältnisse im Deck- und Nebengebirge	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Wird berücksichtigt		<i>Strecken und Schächte:</i> Wird berücksichtigt	
<i>Wirtsgestein:</i> Wird berücksichtigt		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Wird berücksichtigt	
<i>Bemerkungen:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 3.2.02.01	<i>NEA-Nr.:</i> 3.2.02	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Chemische Speziation			
<i>Literaturquellen:</i> Sigg, L.; Stumm, W.: Aquatische Chemie. VDF-Verlag, Zürich, 1989.			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 3.2.03.01	<i>NEA-Nr.:</i> 3.2.03	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Sorption, Desorption			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Unter Sorption versteht man die reversible Bindung von Stoffen an der Oberfläche anderer Stoffe durch chemische oder physikalische (insbesondere elektrostatische) Wechselwirkungen zwischen den Stoffen. Die Umkehrung der Sorption heißt Desorption.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input checked="" type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung		<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs	
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 3.2.03.01	<i>NEA-Nr.:</i> 3.2.03	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Sorption, Desorption			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Der aufnehmende (sorbierende) Stoff heißt Sorbens oder Sorptionsmittel, der aufgenommene (sorbierter) Stoff Sorbat. Die Sorptions- und Desorptionsprozesse finden an den Phasengrenzen der beteiligten Stoffe statt. Die geladene Oberfläche des Sorbenten wird durch Anlagerung von Ionen neutralisiert entweder durch Austauschprozesse oder durch Bildung von Oberflächenkomplexen. In Modellen wird das Gleichgewicht zwischen gelöster und sorbierter Konzentration, welches sich bei nicht zu schnellen Strömungen unter isothermen Bedingungen einstellt mit Hilfe von Sorptionsisothermen beschrieben: Man unterscheidet dabei zwischen linearen Sorptionsmodellen nach dem K_d -Konzept (Henry-isotherme) oder nichtlinearen Sorptionsmodellen mit Langmuir- oder Freundlich-Isothermen.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Sorption tritt sowohl im Grubengebäude als auch in der Geosphäre auf. Für das Wirtsgestein ist Sorption vernachlässigbar, je nach Versatzmaterial (zuzüglich eingebrachter Zuschlagstoffe) kann die Sorption am Versatz eine Rolle bei der Rückhaltung von Radionukliden spielen (<i>Boese et al. 1996</i>). Dabei spielt vor allem die Sorption von Radionukliden an Korrosionsprodukten im Einlagerungsbereich und an Mineralphasen in Deckgebirgsschichten eine wichtige Rolle.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Ein sorbiertes Radionuklid nimmt im Allgemeinen nicht mehr am Transport teil, d.h. er wird zurückgehalten. Da die Sorption im Sinne der hier verwendeten Definition reversibel ist, führt die Sorption lediglich zu einer Verzögerung eines möglichen Transports von Radionukliden. Kurzlebige Radionuklide können während der Zeit der Rückhaltung durch die Sorption zu einem merklichen Anteil zerfallen, so dass die Sorption einen wesentlichen Einfluss auf die Freisetzung von Radionukliden hat. Wird ein Radionuklid an einem Kolloid sorbiert, wird der Schadstoff zusammen mit dem Kolloid transportiert (siehe FEP Kolloide).			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Inventar: sonstige Stoffe, Eigenschaften der Behälter, Eigenschaften des Verschlussmaterials, Fluiddruck, Geochemisches Milieu im Grubengebäude, Wirtsgestein, Deck- und Nebengebirge, Hydrochemische Verhältnisse im Deck- und Nebengebirge	

<i>FEP-Nr.:</i> 3.2.03.01	<i>NEA-Nr.:</i> 3.2.03	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Sorption, Desorption			
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Geochemisches Milieu im Grubengebäude, Hydrochemische Verhältnisse im Deck- und Nebengebirge, Kolloide, Radionuklidtransport in der flüssigen Phase, Matrixdiffusion, Radionuklidtransport in der Gasphase	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Wird berücksichtigt		<i>Strecken und Schächte:</i> Wird berücksichtigt	
<i>Wirtsgestein:</i> Wird berücksichtigt		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Wird berücksichtigt	
<i>Bemerkungen:</i> keine			
<i>Literaturquellen:</i> Boese, B.; Buhmann, D.; Hirsekorn, R.-P.; Storck, R.; Tix, C. (1996): Weiterentwickelte Modellansätze chemischer und physikalischer Effekte im Grubengebäude eines Endlagers im Salinar. Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, GRS-123, Braunschweig. Kühle, T.; Zude, F.; Lührmann, L. (1996): Das eindimensionale Transportprogramm CHET1 unter Berücksichtigung der Sorption nach dem K_d -Konzept. Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, GRS-124, Braunschweig. Lührmann, L.; Noseck, U. (1996): Das eindimensionale Transportprogramm CHET2 unter Berücksichtigung nichtlinearer, elementspezifischer Gleichgewichtssorption. Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, GRS-125, Braunschweig. NEA (2005): NEA Sorption Project Phase II: Interpretation and Prediction of Radionuclide Sorption onto Substrates Relevant for Radioactive Waste Disposal Using Thermodynamic Sorption Models, NEA No. 5992, Paris.			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Für manche Elemente ist das Sorptionsverhalten genauer zu bestimmen, z.B. Jod. Weiterentwicklung von Oberflächenkomplexmodellen zur Beschreibung der Sorption in natürlichen Systemen (zur Absicherung von K_d -Werten und deren Bandbreiten).			

<i>FEP-Nr.:</i> 3.2.04.01	<i>NEA-Nr.:</i> 3.2.04	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Kolloide			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Kolloide sind Feststoffteilchen mit einem Durchmesser von 1 bis 1 000 nm.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input checked="" type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung		<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs	
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input checked="" type="checkbox"/> indirekt <input type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 3.2.04.01	<i>NEA-Nr.:</i> 3.2.04	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Kolloide			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Man unterscheidet zwischen anorganischen Kolloiden, z.B. Al-Fe-Mn-Mischoxiden, Tonen und Eigenkolloiden, und organischen Kolloiden, z.B. Huminstoffe (<i>Klotz 2001</i>). Während Huminstoffe bei geringen Ionenstärken weitgehend stabil sind, sind Eigenkolloide bei hohen Ionenstärken stabil.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Kolloide sind im Deckgebirge nachgewiesen, dort treten Huminstoffe mit Konzentrationen von bis zu 100 mg C/l auf (<i>Noseck et al. 2000</i>). Für das Nahfeld wird diskutiert, dass zumindest Eigenkolloide, d.h. Agglomerationen von Radionukliden, die kolloidale Größe erreichen können, vorkommen können.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> In Lösungen vorhandene kolloidale Partikel können Radionuklide anlagern und somit deren Transport entscheidend beeinflussen (<i>Lührmann 1999</i>): Die advective Geschwindigkeit von Kolloiden kann größer sein als die Abstandsgeschwindigkeit des Fluids, da die Fluidgeschwindigkeit innerhalb eines Porenkanals mit Annäherung an die Porenwände abnimmt. Aufgrund der Größe der Kolloide bewegen sich diese aber bevorzugt im mittleren Bereich des Porenkanals. Dieser Effekt kann durch gleiche elektrostatische Ladungen der Oberflächen von den Kolloiden und der Gesteinsmatrix noch verstärkt werden. Das Verhältnis zwischen Kolloid und mittlerer Fluidgeschwindigkeit liegt in der Regel bei 1,0 bis 1,4. Auf der anderen Seite kann es beim Transport von Kolloiden durch ein poröses Medium zu einer Reihe von Wechselwirkungen mit der Matrix kommen, die den Transport der Kolloide verzögern oder sie gänzlich zurückhalten. Wesentliche Prozesse sind dabei Filtration, Sedimentation, Diffusion und Anziehung durch elektrostatische Kräfte. Neben den Wechselwirkungen mit der Matrix besteht auch die Möglichkeit der Koagulation und Ausfällung von Kolloiden. Im Rahmen einer Langzeitsicherheitsanalyse ist zudem die Langzeitstabilität von Kolloiden bei der Beschreibung von kolloidalen Transportprozessen zu betrachten.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> keine			
<i>Abhängigkeiten:</i>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Inventar: sonstige Stoffe, Zusammensetzung des Verschlussmaterials, Alteration von Querschnittsabdichtungen, Fluiddruck, Geochemisches Milieu im Grubengebäude, Zersetzung von Organika, Deck- und Nebengebirge, Hydrochemische Verhältnisse im Deck- und Nebengebirge, Sorption	

<i>FEP-Nr.:</i> 3.2.04.01	<i>NEA-Nr.:</i> 3.2.04	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Feature		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Kolloide			
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Geochemisches Milieu im Grubengebäude, Hydrochemische Verhältnisse im Deck- und Nebengebirge, Radionuklidtransport in der flüssigen Phase	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Wird berücksichtigt		<i>Strecken und Schächte:</i> Wird berücksichtigt	
<i>Wirtsgestein:</i> Wird berücksichtigt		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Wird berücksichtigt	
<i>Bemerkungen:</i> keine			
<i>Literaturquellen:</i> <i>Kim, J.I.; Rhee, S.D.; Buckau, G. (1991):</i> Complexation of Am(III) with humic acids of different origins. Radiochim. Acta 52/53, S. 49-55. <i>Kim, J.I. (1991):</i> Actinide colloid generation in groundwater, Radiochim. Acta 52/53, S. 71-81. <i>Klotz, D. (2001):</i> Untersuchungen zum huminstoffgetragenen Schwermetalltransport im unterirdischen Wasser – durchgeführt am Beispiel des Europiums. – GSF-Bericht 13/01, Neuherberg. <i>Lührmann, L. (1999):</i> Modellierung des kolloidgetragenen Schadstofftransports unter Berücksichtigung von Sorptions- und Filtrationsprozessen. Dissertation – Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Nürnberg. <i>Noseck, U. et al. (2000):</i> Wissenschaftliche Grundlagen zum Nachweis der Langzeitsicherheit von Endlagern. Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, GRS-153, Braunschweig.			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Übertragbarkeit von Laborexperimenten auf großräumige heterogene Systeme Relevanz von Kolloiden für einen Standort im Salz			

<i>FEP-Nr.:</i> 3.2.05.01	<i>NEA-Nr.:</i> 3.2.05	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Komplexbildung			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Komplexbildung ist der Vorgang, bei dem sich mittels koordinativer Bindungen um ein Zentralatom andere Elemente oder Moleküle anlagern (Liganden).			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input checked="" type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input checked="" type="checkbox"/> indirekt <input type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 3.2.05.01	<i>NEA-Nr.:</i> 3.2.05	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Komplexbildung			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i>			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Als Komplexbildner kommen z.B. Chloride und Karbonate in Frage, die unter Anderem für die Bindung von Nickel und Aktiniden eine Rolle spielen. Wegen des weitgehenden Fehlens organischer Abfälle ist das Auftreten von wirksamen organischen Komplexbildnern, z.B. EDTA und Citraten auszuschließen.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Durch Komplexbildung werden Radionuklide an einen Komplex gebunden, und damit dem Lösungs-Fällungs-Gleichgewicht entzogen. Folge ist eine Erhöhung der Gesamtkonzentration an Radionukliden (gelöst und komplexiert) in der flüssigen Phase.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Inventar: Metalle, Inventar: Organika, Zusammensetzung des Verschlussmaterials, Alteration von Querschnittsabdichtungen, Fluiddruck, Geochemisches Milieu im Grubengebäude, Hydrochemische Verhältnisse im Deck- und Nebengebirge	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Geochemisches Milieu im Grubengebäude, Hydrochemische Verhältnisse im Deck- und Nebengebirge	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Wird berücksichtigt		<i>Strecken und Schächte:</i> Wird berücksichtigt	
<i>Wirtsgestein:</i> Wird berücksichtigt		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Wird berücksichtigt	
<i>Bemerkungen:</i> keine			
<i>Literaturquellen:</i>			

<i>FEP-Nr.:</i> 3.2.05.01	<i>NEA-Nr.:</i> 3.2.05	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Komplexbildung			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 3.2.07.01	<i>NEA-Nr.:</i> 3.2.07	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Radionuklidtransport in der flüssigen Phase			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Dieses FEP umfasst alle Ausbreitungsarten von Radionukliden in einem flüssigen Transportmedium.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input checked="" type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 3.2.07.01	<i>NEA-Nr.:</i> 3.2.07	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Radionuklidtransport in der flüssigen Phase			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Radionuklide liegen in Lösungen in gelöster Form oder sorbiert an Kolloiden vor und können durch folgende Prozesse transportiert werden: - Advektiv mit der Lösung, ausgelöst im Grubengebäude durch die Konvergenz und/oder Gasspeicherung sowie im Deck- und Nebengebirge durch Grundwasserströmungen, - konvektiv mit der Lösung, z.B. im Grundwasser über dem Salzstock, - durch Dispersion als Begleiterscheinung des advektiven Transportes, z.B. ausgelöst durch Geschwindigkeitsunterschiede in einem porösen Medium, - durch Diffusion als Folge von Konzentrationsunterschieden in einer Lösungsvolumen. Eine detaillierte Beschreibung dieser Prozesse erfolgt in den entsprechenden FEP.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Bei der ungestörten Entwicklung des Endlagersystems ist nicht mit einem Transport und einer Freisetzung von Radionukliden in der flüssigen Phase zu rechnen, da von außen keine Lösungen bis zu den eingelagerten Abfällen vordringen können. Für gestörte Entwicklungen sind der Radionuklidtransport und eine eventuelle Freisetzung in die Biosphäre zu betrachten.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Im Falle eines durchgehenden Transportpfades für Lösungen kann es zu einer Freisetzung von Radionukliden bis in die Biosphäre kommen.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i> Radionuklid-Quellterm		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Durchströmen von Versatz und technischen Barrieren, Hydrochemische Verhältnisse im Deck- und Nebengebirge, Oberflächengewässer, Maritime Bedingungen, Radioaktiver Zerfall, Sorption, Kolloide, Advektion, Konvektion, Diffusion, Matrixdiffusion, Mechanische Dispersion	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Inventar: Radionuklide	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Wird berücksichtigt		<i>Strecken und Schächte:</i> Wird berücksichtigt	
<i>Wirtsgestein:</i> Wird berücksichtigt		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Wird berücksichtigt	

<i>FEP-Nr.:</i> 3.2.07.01	<i>NEA-Nr.:</i> 3.2.07	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Radionuklidtransport in der flüssigen Phase			
<i>Bemerkungen:</i> keine			
<i>Literaturquellen:</i>			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 3.2.07.02	<i>NEA-Nr.:</i> 3.2.07	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Advektion			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Advektion bezeichnet den Transport von gelösten Stoffen mit der Strömung des Transportmediums (Wasser oder Gas).			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input checked="" type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 3.2.07.02	<i>NEA-Nr.:</i> 3.2.07	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Advektion			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Im engeren Sinne bezeichnet Advektion die Bewegung des Transportmediums selbst. Hier wird Advektion als Transportmechanismus eines Schadstoffs verstanden. Der gelöste Stoff wird bei der Advektion mit der Abstandsgeschwindigkeit des Transportmediums bewegt, die auf Potentialunterschieden innerhalb des Transportmediums beruht. Eine Schadstoffverteilung bewegt sich bei einem rein advektiven Transport, d.h. einem gleichförmigen Geschwindigkeitsfeld der Strömung, ohne Veränderung ihrer räumlichen Ausbreitung. Ein absolut gleichförmiges Geschwindigkeitsfeld ist allerdings ein Idealzustand und tritt in natürlichen Systemen nicht auf.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Für fließende Systeme in der Geosphäre ist Advektion der entscheidende Transportmechanismus. Innerhalb des Grubengebäudes kann es nur durch eine gestörte Entwicklung zu einem advektiven Transport kommen, z.B. beim Zulauf von Lösungen in das Endlager.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Durch Advektion können bei einer gestörten Entwicklung (z. B. Zutritt von Flüssigkeit in das Endlager) gelöste Radionuklide im Endlagersystem transportiert werden.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Wegsamkeiten in Erkundungsbohrungen, Konvergenz, Fluiddruck, Rissbildung, Permeabilität, Lösungen im Grubenbau, Umläufigkeiten, Kanalisierung, Klüfte im Wirtsgestein, Geosphäre: Eigenschaften der Transportpfade, Fluidvorkommen im Wirtsgestein, Geosphäre: Grundwasserströmung, Aquifere	
<i>Resultierende FEPs:</i> Mechanische Dispersion		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Radionuklidtransport in der flüssigen Phase, Radionuklidtransport in der Gasphase	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Wird berücksichtigt		<i>Strecken und Schächte:</i> Wird berücksichtigt	
<i>Wirtsgestein:</i> Wird berücksichtigt		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Wird berücksichtigt	

<i>FEP-Nr.:</i> 3.2.07.02	<i>NEA-Nr.:</i> 3.2.07	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Advektion			
<i>Bemerkungen:</i> keine			
<i>Literaturquellen:</i>			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 3.2.07.03	<i>NEA-Nr.:</i> 3.2.07	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Konvektion			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Als Konvektion wird der Fluidtransport aufgrund von Dichteunterschieden bezeichnet. Diese Dichteunterschiede sind auf Temperaturgradienten und/oder Konzentrationsunterschiede zurückzuführen.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input checked="" type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 3.2.07.03	<i>NEA-Nr.:</i> 3.2.07	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Konvektion			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> In Abhängigkeit des Schwerfeldes der Erde steigen in einem Fluid Bereiche mit geringer Dichte gegenüber Bereichen höherer Dichte auf. Die Konvektionsströmung kann in der Natur als Ausgleichsvorgang von selbst entstehen (freie Konvektion, z.B. Konvektionsströme im oberen Erdmantel). Strömungen in Salzlösungen, die durch Temperatur- und Konzentrationsunterschiede ausgelöst werden, nennt man thermohaline Konvektionen.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Konvektion im Nahbereich kann durch Dichteunterschiede in der Lösung oder in Gasen auf Grund von Temperaturunterschieden innerhalb eines Grubenbaus entstehen. Die Grundwasserströmung in der Umgebung von Salzgesteinskörpern wird maßgeblich von Dichtegradienten beeinflusst (<i>Fein & Schneider 1999</i>).			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Sofern konvektive Strömungen im Grubengebäude auftreten, nehmen in der Flüssigkeit gelöste Schadstoffe an der Konvektionsbewegung teil und werden auf diese Weise innerhalb des Grubengebäudes transportiert. Die Zunahme der Grundwassertemperatur mit der Tiefe und die Zunahme der Salinität über dem Salzstock des Grundwassers führen zu Dichteänderungen, die bei der Beschreibung der Grundwasserströmung berücksichtigt werden müssen.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Wegsamkeiten in Erkundungsbohrungen, Fluiddruck, Rissbildung, Permeabilität, Lösungen im Grubenbau, Klüfte im Wirtsgestein, Geosphäre: Eigenschaften der Transportpfade, Fluidvorkommen im Wirtsgestein, Geosphäre: Grundwasserströmung, Aquifere	
<i>Resultierende FEPs:</i> Mechanische Dispersion		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Radionuklidtransport in der flüssigen Phase, Radionuklidtransport in der Gasphase	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Wird berücksichtigt		<i>Strecken und Schächte:</i> Wird berücksichtigt	

<i>FEP-Nr.:</i> 3.2.07.03	<i>NEA-Nr.:</i> 3.2.07	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Konvektion			
<i>Wirtsgestein:</i> Wird berücksichtigt		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Wird berücksichtigt	
<i>Bemerkungen:</i> keine			
<i>Literaturquellen:</i> <i>Fein, E.; Schneider, A. (1999): d^{3f} – Ein Programmpaket zur Modellierung von Dichteströmungen - Abschlussbericht. Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, GRS-139, Braunschweig.</i>			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Auftreten von großräumiger Konvektion (Konvektionswalzen) im Grubengebäude.			

<i>FEP-Nr.:</i> 3.2.07.04	<i>NEA-Nr.:</i> 3.2.07	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Diffusion			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Unter Diffusion versteht man die Durchmischung verschiedener Stoffe, die durch die thermisch bedingte Eigenbewegung der beteiligten Teilchen (Brownsche Bewegung) zustande kommt (z.B Ionen, Atome, Moleküle). Besteht in einem Gasgemisch oder in einer Lösung für eine Substanz ein Konzentrationsgefälle, so wird dieses durch die Diffusion reduziert, die dabei zu einer statistisch gerichteten Bewegung wird und einen Transportprozess darstellt.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input checked="" type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input checked="" type="checkbox"/> indirekt <input type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 3.2.07.04	<i>NEA-Nr.:</i> 3.2.07	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Diffusion			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Wesentliches Kennzeichen der Diffusion ist, dass die Teilchenbewegung Konzentrationsunterschiede im System ausgleicht: Die Teilchen wandern (diffundieren) dabei im Mittel (Nettostrom) von Orten höherer Konzentration zu solchen niedrigerer Konzentration bis diese Unterschiede ausgeglichen sind. Die Zusammenfassung von Diffusion und Mechanische Dispersion (siehe FEP Mechanische Dispersion) wird auch als hydrodynamische Dispersion bezeichnet. Ein Spezialfall der Diffusion, die Matrixdiffusion, wird im FEP Matrixdiffusion abgehandelt.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Diffusionsprozesse werden bei der Normalentwicklung des Endlagersystems im Hauptsalz nicht berücksichtigt, da nicht von einem vernetzten Porenraum auszugehen ist. Für alle anderen Bereiche des Endlagersystems sind Diffusionsprozesse zu berücksichtigen.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Im Falle einer Radionuklidfreisetzung bewirkt die Diffusion in einer Lösung bei einem vorhandenem Konzentrationsgefälle einen zusätzlich zur Advektion/Dispersion stattfindenden Transport im Endlagersystem. Die Diffusion spielt bei vielen chemischen Prozessen, vor allem bei elektrochemischen Prozessen wie z.B. der Korrosion von Metallen, eine wichtige Rolle, da sie Edukte zuführt und Produkte abführt und somit die Kinetik der Prozesse bestimmt.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Wegsamkeiten in Erkundungsbohrungen, Fluiddruck, Rissbildung, Porosität, Lösungen im Grubenbau, Geochemisches Milieu im Grubengebäude, Klüfte im Wirtsgestein, Geosphäre: Eigenschaften der Transportpfade, Fluidvorkommen im Wirtsgestein, Geosphäre: Grundwasserströmung, Aquifere	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Geochemisches Milieu im Grubengebäude, Radionuklidtransport in der flüssigen Phase, Radionuklidtransport in der Gasphase	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Wird berücksichtigt		<i>Strecken und Schächte:</i> Wird berücksichtigt	

<i>FEP-Nr.:</i> 3.2.07.04	<i>NEA-Nr.:</i> 3.2.07	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Diffusion			
<i>Wirtsgestein:</i> Wird berücksichtigt		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Wird berücksichtigt	
<i>Bemerkungen:</i> keine			
<i>Literaturquellen:</i> Wedler, G. (1982): Lehrbuch der Physikalischen Chemie. Verlag Chemie, Basel.			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 3.2.07.05	<i>NEA-Nr.:</i> 3.2.07	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Matrixdiffusion			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Als Matrixdiffusion bezeichnet man den diffusiven Übergang von gelösten Schadstoffen aus Bereichen, in denen advektiver Transport dominiert, in die Bereiche immobiler Porenwässer.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input checked="" type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung		<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs	
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 3.2.07.05	<i>NEA-Nr.:</i> 3.2.07	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Matrixdiffusion			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Matrixdiffusion spielt vor allem beim Transport von gelösten Stoffen aus wasserführenden Klüften in die angrenzende, vergleichsweise undurchlässige Festgesteinsmatrix eine Rolle.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Matrixdiffusion spielt vor allem in geklüfteten Tonsteinen eine Rolle und ist deshalb am Referenzstandort von untergeordneter Bedeutung. Bei einer Bildung von Klüften, z.B. im Hutgestein, wäre Matrixdiffusion zu berücksichtigen. Bei einem Zutritt von Flüssigkeiten in das Endlager könnten entsprechende Wechselwirkungen zwischen den versetzten Strecken und einer gering durchlässigen Auflockerungszone eintreten.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Diffundieren Radionuklide in die Matrix, so werden sie dort einerseits durch die Transportdauer und andererseits möglicherweise durch Sorption zurückgehalten. Dies kann zu einer Transportverzögerung führen.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Eigenschaften des Verschlussmaterials, Fluiddruck, Rissbildung, Porosität, Lösungen im Grubenbau, Auflockerungszone, Wirtsgestein, Klüfte im Wirtsgestein, Deck- und Nebengebirge, Störungen und Störungszonen, Geosphäre: Eigenschaften der Transportpfade, Fluidvorkommen im Wirtsgestein, Geosphäre: Grundwasserströmung, Hydrochemische Verhältnisse im Deck- und Nebengebirge, Aquifere, Sorption	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Radionuklidtransport in der flüssigen Phase, Radionuklidtransport in der Gasphase	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Strecken und Schächte:</i> Wird berücksichtigt	
<i>Wirtsgestein:</i> Wird berücksichtigt		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Wird berücksichtigt	

<i>FEP-Nr.:</i> 3.2.07.05	<i>NEA-Nr.:</i> 3.2.07	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Matrixdiffusion			
<i>Bemerkungen:</i> keine			
<i>Literaturquellen:</i> <i>Noseck, U. et al. (2005):</i> Wissenschaftliche Grundlagen zum Nachweis der Langzeitsicherheit von Endlagern. Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, GRS-204, Braunschweig.			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Bedeutung der Auflockerungszone			

<i>FEP-Nr.:</i> 3.2.07.06	<i>NEA-Nr.:</i> 3.2.07	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Mechanische Dispersion			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Als mechanische Dispersion wird die Aufweitung von Schadstoffverteilungen, die in einem Fluid gelöst vorliegen, durch ungleichförmige Geschwindigkeitsprofile und unterschiedliche Weglängen in den Hohlräumen eines porösen Mediums bezeichnet. Die Dispersion kann in Ausbreitungsrichtung (longitudinal) oder senkrecht dazu (transversal) unterschiedlich sein.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input checked="" type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 3.2.07.06	<i>NEA-Nr.:</i> 3.2.07	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Mechanische Dispersion			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> <p>Während das Fluid als Transportmedium mit einer mittleren Geschwindigkeit durch das poröse Medium strömt, bewegen sich die gelösten Teilchen auf bestimmten Bahnen durch den Porenraum. Einzelne Teilchen können langsamer, andere schneller als die mittlere Geschwindigkeit transportiert werden. Dispersion tritt immer in Zusammenhang mit advektiven Transportprozessen auf.</p> <p>Da eine genaue mathematisch Beschreibung der Fließwege schwer durchzuführen ist, wird die mechanische Dispersion makroskopisch analog der Diffusion beschrieben. Bei der Transformation auf größere Skalen müssen zusätzliche Inhomogenitäten (z.B. die Schichtung des Gesteins, Tonlinsen) berücksichtigt werden. Die Zusammenfassung von Diffusion und mechanischer Dispersion wird auch als hydrodynamische Dispersion bezeichnet (<i>Bear 1972</i>). Bei der Durchführung von numerischen Simulationen ist die numerische Dispersion (Dispersion durch eine grobe Diskretisierung eines Modellsystems) zu berücksichtigen.</p>			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> <p>Die mechanische Dispersion spielt bei advektiven Transportprozessen in natürlichen Systemen immer eine Rolle. Daher ist Dispersion bei Strömungen in der Geosphäre zu betrachten. Im Falle eines Zutritts von Flüssigkeiten in das Endlager muss die Dispersion auch für Strömungen in den Grubenbauen berücksichtigt werden.</p>			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> <p>Die Dispersion bewirkt ein Auseinanderziehen von Radionuklidverteilungen und trägt somit zum Radionuklidtransport bei.</p>			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i> Porosität, Advektion, Konvektion		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Rissbildung, Lösungen im Grubenbau, Umläufigkeiten, Kanalisierung, Klüfte im Wirtsgestein, Deck- und Nebengebirge, Störungen und Störungszonen, Geosphäre: Eigenschaften der Transportpfade, Fluidvorkommen im Wirtsgestein, Geosphäre: Grundwasserströmung, Aquifere	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Radionuklidtransport in der flüssigen Phase, Radionuklidtransport in der Gasphase	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Wird berücksichtigt		<i>Strecken und Schächte:</i> Wird berücksichtigt	

<i>FEP-Nr.:</i> 3.2.07.06	<i>NEA-Nr.:</i> 3.2.07	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Mechanische Dispersion			
<i>Wirtsgestein:</i> Wird berücksichtigt		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Wird berücksichtigt	
<i>Bemerkungen:</i> keine			
<i>Literaturquellen:</i> <i>Bear, J.(1972):</i> Dynamics of Fluids in Porous Media. Dover Publications, Inc., New York.			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 3.2.07.07	<i>NEA-Nr.:</i> 3.2.07	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Sonstige Transportprozesse in der flüssigen Phase			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Neben den beschriebenen Transportprozessen Advektion, Konvektion, Diffusion, Dispersion sind noch weitere Prozesse möglich, die beim gegenwärtigen Stand der Wissenschaft keine Relevanz für einen Schadstofftransport haben, die sich aber nicht völlig ausschließen lassen. Diese werden in diesem FEP subsumiert.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input checked="" type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 3.2.07.07	<i>NEA-Nr.:</i> 3.2.07	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Sonstige Transportprozesse in der flüssigen Phase			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Der Transport oder die Rückhaltung von Radionukliden wird durch die Anwesenheit von Mikroben beeinflusst. Die Mikroben können Radionuklide inkorporieren oder an der Oberfläche anlagern, so dass die Radionuklide mit ihnen transportiert werden. Der Transport mittels Komplexen und Kolloiden ist detailliert in den entsprechenden FEP „Kolloide“ und „Komplexbildung“ behandelt.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Ein Transport über Mikroben ist derzeit noch in Diskussion.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Radionuklide könnten von Mikroben in den Stoffwechsel aufgenommen und dann advektiv transportiert werden.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i>		<i>Beeinflussende FEPs:</i>	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i>	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Wirtsgestein:</i> Nicht zu berücksichtigen		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Bemerkungen:</i> keine			
<i>Literaturquellen:</i>			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Eventuell nach einer Neubewertung nicht beachteter Transportprozesse			

<i>FEP-Nr.:</i> 3.2.08.01	<i>NEA-Nr.:</i> 3.2.08	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Feststoffgebundener Radionuklidtransport			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Unter feststoffgebundenem Radionuklidtransport werden Prozesse zusammengefasst, bei denen Radionuklide von ihrer Einlagerungsposition ohne Beteiligung von Fluiden weg bewegt werden.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input checked="" type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input checked="" type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> Wirtsgestein			

<i>FEP-Nr.:</i> 3.2.08.01	<i>NEA-Nr.:</i> 3.2.08	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Feststoffgebundener Radionuklidtransport			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Als feststoffgebundene Transportmechanismen für Radionuklide kommen der Diapirismus, Vulkanismus und eine Eigenbewegung der Abfallbehälter aufgrund der Schwerkraft in Frage.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Am Referenzstandort ist während des Nachweiszeitraumes von einer Million Jahre kein Vulkanismus zu erwarten, so dass Radionuklide mit ihren Abfallbehältern nicht durch aufdringende Lava transportiert werden können. Die Aufwärtsbewegung der Salzgesteine ist mit durchschnittlich 0,02 mm/Jahr (20 m im Nachweiszeitraum, s. FEP Diapirismus) sehr gering. Eine dadurch bedingte Höherlegung des Einlagerungsbereiches ergibt für die Umgebung der eingelagerten Gebinde keine neuen integritätsrelevanten Einschränkungen. Das Wirtsgestein am Referenzstandort hat eine wesentlich geringere Dichte als die eingelagerten Abfälle. Aufgrund der Duktilität des Wirtsgesteins und der Tatsache, dass es keine Fließgrenze besitzt, muss davon ausgegangen werden, dass die schwereren Behälter im relativ leichteren Salzgestein nach unten sinken (s. FEP Feststoffgebundener Radionuklidtransport).			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Beim Absinken reduziert sich die Barriere Wirtsgestein (Hauptsalz) in ihrer Mächtigkeit zur Basis hin.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> Keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i> Diapirismus, Absinken der Abfallbehälter		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Radioaktiver Zerfall	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Inventar: Radionuklide	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Wird berücksichtigt		<i>Strecken und Schächte:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Wirtsgestein:</i> Wird berücksichtigt		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Nicht zu berücksichtigen	
<i>Bemerkungen:</i> Keine			
<i>Literaturquellen:</i>			

<i>FEP-Nr.:</i> 3.2.08.01	<i>NEA-Nr.:</i> 3.2.08	<i>Datum:</i> 02.11.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Feststoffgebundener Radionuklidtransport			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> Abschätzung möglicher Absenkgeschwindigkeiten von Behältern.			

<i>FEP-Nr.:</i> 3.2.09.01	<i>NEA-Nr.:</i> 3.2.09	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Radionuklidtransport in der Gasphase			
<i>Definition/Kurzbeschreibung:</i> Dieses FEP umfasst alle Ausbreitungsarten von Radionukliden in einem gasförmigen Transportmedium.			
<i>Bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit:</i> <input checked="" type="checkbox"/> wahrscheinlich <input type="checkbox"/> wenig wahrscheinlich <input type="checkbox"/> nicht zu betrachten <input type="checkbox"/> Randbedingung			<input checked="" type="checkbox"/> abhängig von FEPs
<i>Einwirkung auf die Funktion einschlusswirksamer Barrieren:</i> <input type="checkbox"/> direkt <input type="checkbox"/> indirekt <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend			
<i>Direkte Einwirkung auf die Funktion folgender einschlusswirksamer Barrieren:</i> keine			

<i>FEP-Nr.:</i> 3.2.09.01	<i>NEA-Nr.:</i> 3.2.09	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Radionuklidtransport in der Gasphase			
<i>Weitere Informationen und Beispiele:</i> Gasförmige Radionuklide können durch folgende Prozesse in der Gasphase transportiert werden: - Durch Advektion, - durch Dispersion als Begleiterscheinung des advektiven Transportes, - durch Diffusion in der Gasphase als Folge von Konzentrationsunterschieden, - durch Konvektion infolge von Dichteunterschieden. Eine detaillierte Beschreibung dieser Prozesse erfolgt in den entsprechenden FEP.			
<i>Sachlage am Referenzstandort:</i> Bei der ungestörten Entwicklung des Endlagersystems tritt allenfalls eine geringe Gasbildung im Endlager auf. Bei Brennstabkokillen ist mit deren mechanischen Ausfall zu rechnen, wodurch gasförmige Radionuklide, insbesondere ¹⁴ C, aus den Brennstäben freigesetzt werden. Eine Freisetzung der gebildeten bzw. freigesetzten Gasmengen durch die Verschlussbauwerke ist unter diesen Bedingungen aber unwahrscheinlich. Bei gestörter Entwicklung des Endlagersystems ist eine erheblich höhere Gasbildung zu erwarten. Sofern gasförmige Radionuklide in Einlagerungsbereichen mobilisiert werden, sind der Transport der Radionuklide und deren eventuelle Freisetzung mit dem Gasstrom zu betrachten. Aerosole spielen keine Rolle, da sie durch den Versatz und die Verschlussbauwerke zurückgehalten werden.			
<i>Standortspezifische Auswirkungen:</i> Wenn die Gase das Grubengebäude verlassen, kann es zu einer Freisetzung von Radionukliden und damit zu einer Kontamination der Geosphäre und der Biosphäre kommen.			
<i>Zeitliche Beschränkung:</i> keine			
<u>Abhängigkeiten:</u>			
<i>Auslösende FEPs:</i> Radionuklid-Quellterm		<i>Beeinflussende FEPs:</i> Durchströmen von Versatz und technischen Barrieren, Radioaktiver Zerfall, Sorption, Advektion, Konvektion, Diffusion, Matrixdiffusion, Mechanische Dispersion	
<i>Resultierende FEPs:</i>		<i>Beeinflusste FEPs:</i> Inventar: Radionuklide	
<u>Handhabung:</u>			
<i>Nahfeld:</i> Wird berücksichtigt		<i>Strecken und Schächte:</i> Wird berücksichtigt	

<i>FEP-Nr.:</i> 3.2.09.01	<i>NEA-Nr.:</i> 3.2.09	<i>Datum:</i> 31.12.2007	<i>Revisionsnummer:</i> 1.0
<i>Status:</i> Process		<i>Bearbeitungsstand:</i> abgeschlossen	
Radionuklidtransport in der Gasphase			
<i>Wirtsgestein:</i> Wird berücksichtigt		<i>Deck- und Nebengebirge:</i> Wird berücksichtigt	
<i>Bemerkungen:</i> keine			
<i>Literaturquellen:</i> <i>Rübel, A.; Noseck, U.; Müller-Lyda, I.; Kröhn, K.-P.; Storck, R. (2004):</i> Konzeptioneller Umgang mit Gasen. Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, GRS-205, Braunschweig.			
<i>Offene Fragen, Forschungsbedarf:</i> keine			

Teil C Vollständigkeit des FEP-Katalogs

Für die Nutzung eines spezifischen FEP-Katalogs ist es wichtig, dessen Vollständigkeit so weit wie möglich sicherzustellen. Deshalb wurde im Rahmen des Projektes ISIBEL der FEP-Katalog für den Referenzstandort ausgehend von dem NEA-Klassifizierungsschema [5] erstellt. Die nachfolgende Tabelle ordnet systematisch den FEP im NEA-Dokument die einzelnen Einträge im ISIBEL-FEP-Katalog thematisch zu. Dies erlaubt eine Überprüfung auf Vollständigkeit der behandelten. Die Kurzbeschreibungen für die einzelnen Aspekte aus [6] wurden unübersetzt übernommen, um Interpretationen durch den Übersetzungsprozess zu vermeiden.

NEA No.	NEA FEP	NEA Short description
	ISIBEL-Nr.	ISIBEL-FEP-Bezeichnung
1		EXTERNAL FACTORS <i>FEPs with causes or origin outside the disposal system domain, i.e. natural or human factors of a more global nature and their immediate effects. Included in this category are decisions related to repository design, operation and closure since these are outside the temporal boundary of the disposal system domain for postclosure assessment.</i>
	1	
1.1		REPOSITORY ISSUES <i>Decisions on designs and waste allocation, and also events related to site investigation, operations and closure.</i>
	1.1	
1.1.01		Site investigation <i>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.</i>
	1.1.01	
	1.1.01.01	Standorterkundung
1.01.02		Excavation/construction <i>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.</i>
	1.1.02	
	1.1.02.01	Auffahrung der Grube
	1.1.02.02	Erkundungssohle
	1.1.02.03	Grubengebäude

NEA No. NEA FEP		
<i>NEA Short description</i>		
	ISIBEL-Nr.	ISIBEL-FEP-Bezeichnung
1.01.03 Emplacement of wastes and backfilling <i>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.</i>		
	1.1.03	
	1.1.03.01	Einlagerungsgeometrie und –abfolge
1.01.04 Closure and repository sealing <i>FEPs related to the cessation of waste disposal operations at a site and the backfilling and sealing of access tunnels and shafts.</i>		
	1.1.04	
	1.1.04.01	Verschließen von Einlagerungsbereichen
	1.1.04.02	Verschließen von Schächten
1.01.05 Records and markers, repository <i>FEPs 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.</i>		
	1.1.05	
	1.1.05.01	Kenntniserhalt
1.01.06 Waste allocation <i>FEPs related to the choices on allocation of wastes to the repository, including waste type(s) and amount(s).</i>		
	1.1.06	
	1.1.06.01	Abfallzuordnung
1.01.07 Repository design <i>FEPs 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.</i>		
	1.1.07	
	1.1.07.01	Endlagerauslegung
1.01.08 Quality control <i>FEPs 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,</i>		

NEA No. NEA FEP		
<i>NEA Short description</i>		
	ISIBEL-Nr.	ISIBEL-FEP-Bezeichnung
<i>containers and engineered features</i>		
	1.1.08	
	1.1.08.01	Qualitätssicherung
1.01.09 Schedule and planning		
<i>FEPs related to the sequence of events and activities occurring during repository excavation, construction, waste emplacement and sealing.</i>		
	1.1.09	
	1.1.09.01	Betriebsablauf
1.01.10 Administrative control, repository site		
<i>FEPs related to measures to control events at or around the repository site both during the operational period and after closure.</i>		
	1.1.10	
	1.1.10.01	Behördliche Überwachung
1.01.11 Monitoring of repository		
<i>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.</i>		
	1.1.11	
	1.1.11.01	Begleitende Messungen
	1.1.11.02	Monitoring
1.01.12 Accidents and unplanned events		
<i>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.</i>		
	1.1.12	
	1.1.12.01	Unplanmäßige Ereignisse in der Betriebsphase
	1.1.12.02	Kokillensticking
1.01.13 Retrievability		
<i>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.</i>		
	1.1.13	

NEA No. NEA FEP <i>NEA Short description</i>		
	ISIBEL-Nr.	ISIBEL-FEP-Bezeichnung
	1.1.13.01	Rückholbarkeit
1.2 GEOLOGICAL PROCESSES AND EFFECTS <i>Processes arising from the wider geological setting and long-term processes.</i>		
	1.2	
1.2.01 Tectonic movements and orogeny <i>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.</i>		
	1.2.01	
	1.2.01.01	Neotektonische Vorgänge
	1.2.01.02	Orogenese
	1.2.01.03	Senkung der Erdkruste
	1.2.01.04	Hebung der Erdkruste
1.02.02 Deformation, elastic, plastic or brittle <i>A fault is a fracture in the Earth's crust accompanied by displacement of one side of the fracture relative to the other. Fractures may be caused by compressional or tensional forces in the Earth's crust. Such forces may result in the activation of existing faults and, less likely, the generation of new faults.</i>		
	1.2.02	
	1.2.02.01	Lokale Differenzialbewegungen im Deck- und Nebengebirge
	1.2.02.02	Krustendeformation
	1.2.02.03	Grabenbildung (Taphrogenese)
1.2.03 Seismicity <i>FEPs 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.</i>		
	1.2.03	
	1.2.03.01	Erdbeben

NEA No. NEA FEP		
<i>NEA Short description</i>		
	ISIBEL-Nr.	ISIBEL-FEP-Bezeichnung
1.2.04	Volcanic and magmatic activities	
<i>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.</i>		
	1.2.04	
	1.2.04.01	Magmatismus
1.2.05	Metamorphisms	
<i>The processes by which rocks are changed by the action of heat ($T > 200$ C) and pressure at great depths (usually several kilometres) beneath the Earth's surface or in the vicinity of magmatic activity.</i>		
	1.2.05	
	1.2.05.01	Gesteinsmetamorphose
1.2.06	Hydrothermal activity	
<i>FEPs associated with high temperature groundwaters, including processes such as density-driven groundwater flow and hydrothermal alteration of minerals in the rocks through which the high temperature groundwater flows.</i>		
	1.2.06	
	1.2.06.01	Hydrothermale Aktivität
1.2.07	Erosion and sedimentation	
<i>FEPs related 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.</i>		
	1.2.07	
	1.2.07.01	Erosion
	1.2.07.02	Sedimentation
1.2.08	Diagenesis	
<i>The processes by which deposited sediments at or near the Earth's surface are formed into rocks by compaction, cementation and crystallisation, i.e. under conditions of temperature and pressure normal to the upper few kilometres of the earth's crust.</i>		
	1.2.08	
	1.2.08.01	Diagenese

NEA No. NEA FEP <i>NEA Short description</i>		
	ISIBEL-Nr.	ISIBEL-FEP-Bezeichnung
1.2.09	Salt diapirism and dissolution <i>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 groundwaters with salt content below saturation.</i>	
	1.2.09	
	1.2.09.01	Diapirismus
	1.2.09.02	Subrosion
1.2.10	Hydrological/hydrogeological response to geological changes <i>FEPs 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.</i>	
	1.2.10	
	1.2.10.01	Einfluss geologischer Veränderungen auf die Hydrogeologie
1.3	CLIMATIC PROCESSES AND EFFECTS <i>Processes related to global climate change and consequent regional effects.</i>	
	1.3	
1.3.01	Climate change, global <i>FEPs 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.</i>	
	1.3.01	
	1.3.01.01	Globale klimatische Veränderungen
1.3.02	Climate change, regional and local <i>FEPs 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.</i>	
	1.3.02	
	1.3.02.01	Lokale Klimaänderung
1.3.03	Sea level change <i>FEPs related to changes in sea level which may occur as a result of global (eustatic) change</i>	

NEA No.	NEA FEP	
<i>NEA Short description</i>		
	ISIBEL-Nr.	ISIBEL-FEP-Bezeichnung
<i>and regional geological change, e.g. isostatic movements.</i>		
	1.3.03	
	1.3.03.01	Transgression / Regression
1.3.04	Periglacial effects	
<i>FEPs related to the physical processes and associated landforms in cold but ice-sheet-free environments.</i>		
	1.3.04	
	1.3.04.01	Permafrost
1.3.05	Glacial and ice sheet effects, local	
<i>FEPs related to the effects of glaciers and ice sheets within the region of a repository, e.g. changes in the geomorphology, erosion, meltwater and hydraulic effects. This is distinct from the effect of large ice masses on global and regional climate, c.f. FEPs 1.3.01, 1.3.02.</i>		
	1.3.05	
	1.3.05.01	Inlandvereisung in randlicher Lage
	1.3.05.02	Vollständige Inlandvereisung
1.3.06	Warm climate effects (tropical and desert)	
<i>FEPs related to warm tropical and desert climates, including seasonal effects, and meteorological and geomorphological effects special to these climates.</i>		
	1.3.06	
	1.3.06.01	Warmaride Klimaverhältnisse
	1.3.06.02	Feuchtwarme Klimaverhältnisse
1.3.07	Hydrological/hydrogeological response to climate changes	
<i>FEPs related to changes in hydrology and hydrogeology, e.g. recharge, sediment load and seasonality, in response to climate change in a region.</i>		
	1.3.07	
	1.3.07.01	Hydrogeologische Veränderungen aufgrund Klimawandels
1.3.08	Ecological response to climate changes	
<i>FEPs related to changes in ecology, e.g. vegetation, plant and animal populations, in response to climate change in a region.</i>		
	1.3.08	

NEA No. NEA FEP		
<i>NEA Short description</i>		
	ISIBEL-Nr.	ISIBEL-FEP-Bezeichnung
	1.3.08.01	Veränderung des Ökosystems aufgrund Klimawandels
1.3.09 Human response to climate changes		
<i>FEPs related to changes in human behaviour, e.g. habits, diet, size of communities, in response to climate change in a region.</i>		
	1.3.09	
	1.3.09.01	Veränderung der menschlichen Lebensweise aufgrund Klimawandels
1.4 FUTURE HUMAN ACTIONS (ACTIVE)		
<i>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, c.f. 2.4.</i>		
	1.4	
1.4.01 Human influences on climate		
<i>FEPs related to human activities that could affect the change of climate either globally or in a region.</i>		
	1.4.01	
	1.4.01.01	Menschlicher Einfluss auf das Klima
1.4.02 Motivation and knowledge issues (inadvertent/deliberate human actions)		
<i>FEPs related to the degree of knowledge of the existence, location and/or nature of the repository. Also, reasons for deliberate interference with, or intrusion into, a repository after closure with complete or incomplete knowledge.</i>		
	1.4.02	
	1.4.02.01	Motivation und Kenntnisstand
1.4.03 Un-intrusive site investigation		
<i>FEPs related to airborne, geophysical or other surface-based investigation of a repository site after repository closure.</i>		
	1.4.03	
	1.4.03.01	Zukünftige zerstörungsfreie Erkundung

NEA No. NEA FEP		
<i>NEA Short description</i>		
	ISIBEL-Nr.	ISIBEL-FEP-Bezeichnung
1.4.04	Drilling activities (human intrusion)	
	<i>FEPs related to any type of drilling activity in the vicinity of the repository. These may be taken with or without knowledge of the repository (see FEP 1.4.02).</i>	
	1.4.04	
	1.4.04.01	Bohraktivitäten
1.4.05	Mining and other underground activities (human intrusion)	
	<i>FEPs related to any type of mining or excavation activity carried out in the vicinity of the repository. These may be taken with or without knowledge of the repository (see FEP 1.4.02).</i>	
	1.4.05	
	1.4.05.01	Bergbau und andere Untergrundaktivitäten
1.4.06	Surface environment, human activities	
	<i>FEPs related to any type of human activities that may be carried out in the surface environment that can potentially affect the performance of the engineered and/or geological barriers, or the exposure pathways, excepting those FEPs related to water management which are at FEP 1.4.07.</i>	
	1.4.06	
	1.4.06.01	Menschliche Aktivitäten an der Erdoberfläche
1.4.07	Water management (wells, reservoirs, dams)	
	<i>FEPs related to groundwater and surface water management including water extraction, reservoirs, dams, and river management.</i>	
	1.4.07	
	1.4.07.01	Wasserwirtschaftliche Maßnahmen
1.4.08	Social and institutional developments	
	<i>FEPs related to changes in social patterns and degree of local government, planning and regulation.</i>	
	1.4.08	
	1.4.08.01	Gesellschaftliche Entwicklungen

NEA No. NEA FEP <i>NEA Short description</i>		
	ISIBEL-Nr.	ISIBEL-FEP-Bezeichnung
1.4.09 Technological developments <i>FEPs related to future developments in human technology and changes in the capacity and motivation to implement technologies. This may include retrograde developments, e.g. loss of capacity to implement a technology.</i>		
	1.4.09	
	1.4.09.01	Technologische Entwicklungen
1.4.10 Remedial actions <i>FEPs related to actions that might be taken following repository closure to remedy problems with a waste repository that, either, was not performing to the standards required, had been disrupted by some natural event or process, or had been inadvertently or deliberately damaged by human actions.</i>		
	1.4.10	
	1.4.10.01	Sanierungsarbeiten am Endlager
1.4.11 Explosions and crashes <i>FEPs related to deliberate or accidental explosions and crashes such as might have some impact on a closed repository, e.g. underground nuclear testing, aircraft crash on the site, acts of war.</i>		
	1.4.11	
	1.4.11.01	Explosionen und Unfälle
1.5 OTHER <i>A "catch-all" for any external factor not accommodated in 1.1 to 1.4, e.g. meteorite impact.</i>		
	1.5	
1.5.01 Meteorite impact <i>The possibility of a large meteorite impact occurring at or close to the repository site and related consequences.</i>		
	1.5.01	
	1.5.01.01	Meteoriteneinschlag
1.5.02 Species evolution <i>FEPs related to the biological evolution of humans, other animal or plant species, by both natural selection and selective breeding/culturing.</i>		
	1.5.02	

NEA No. NEA FEP		
<i>NEA Short description</i>		
	ISIBEL-Nr.	ISIBEL-FEP-Bezeichnung
	1.5.02.01	Artenevolution
1.5.03	Miscellaneous and FEPs of uncertain relevance	
<i>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.</i>		
	1.5.03	
	1.5.03.01	Wegsamkeiten in Erkundungsbohrungen
2	DISPOSAL SYSTEM DOMAIN: ENVIRONMENTAL FACTORS	
<i>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.</i>		
	2	
2.1	WASTES AND ENGINEERED FEATURES	
<i>Features and processes within the waste and engineered components of the disposal system.</i>		
	2.1	
2.1.01	Inventory, radionuclide and other material	
<i>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.</i>		
	2.1.01	
	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
2.1.02	Waste form materials and characteristics	
<i>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.</i>		
	2.1.02	
	2.1.02.01	Abfallmatrix: Zusammensetzung
	2.1.02.02	Abfallmatrix: Eigenschaften

NEA No. NEA FEP <i>NEA Short description</i>		
	ISIBEL-Nr.	ISIBEL-FEP-Bezeichnung
2.1.03 Container materials and characteristics <i>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.</i>		
	2.1.03	
	2.1.03.01	Zusammensetzung des Behältermaterials
	2.1.03.02	Eigenschaften der Behälter
2.1.04 Buffer/backfill materials and characteristics <i>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.</i>		
	2.1.04	
	2.1.04.01	Versatzmaterial
	2.1.04.02	Versatz: Eigenschaften des Materials
2.1.05 Seals, cavern/tunnel/shaft <i>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.</i>		
	2.1.05	
	2.1.05.01	Zusammensetzung des Verschlussmaterials
	2.1.05.02	Eigenschaften des Verschlussmaterials
	2.1.05.03	Alteration von Querschnittsabdichtungen
	2.1.05.04	Fehlerhafte Erstellung eines Verschlussbauwerkes <i>Siehe auch FEPs „Verschließen von Einlagerungsbereichen“ und „Verschließen von Schächten“ in Abschnitt 1.1.04</i>
2.1.06 Other engineered features materials and characteristics <i>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.</i>		
	2.1.06	

NEA No.	NEA FEP	NEA Short description
	ISIBEL-Nr.	ISIBEL-FEP-Bezeichnung
	2.1.06.01	Technische Einrichtungen und deren Eigenschaften
	2.1.06.02	Lagestabilität des Schachtfundaments
	2.1.06.03	Versagen des Schachtausbaus
2.1.07	Mechanical processes and conditions (in wastes and EBS)	
	<i>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.</i>	
	2.1.07	
	2.1.07.01	Konvergenz
	2.1.07.02	Überlagerung der Nahfeldwirkungen einzelner Grubenbaue
	2.1.07.03	Fluiddruck
	2.1.07.04	Versatzkompaktion
	2.1.07.05	Nicht thermisch induzierte Volumenänderung
	2.1.07.06	Rissbildung
	2.1.07.07	Mechanisches Versagen eines Verschlussbauwerkes
	2.1.07.08	Lageverschiebung des Schachtverschlusses
	2.1.07.09	Absinken der Abfallbehälter
		<i>Siehe auch FEP „Spannungsumlagerung“ in Abschnitt 2.2.06</i>

NEA No. NEA FEP <i>NEA Short description</i>		
	ISIBEL-Nr.	ISIBEL-FEP-Bezeichnung
2.1.08 Hydraulic/hydrogeological processes and conditions (in wastes and EBS) <i>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.</i>		
	2.1.08	
	2.1.08.01	Porosität
	2.1.08.02	Permeabilität
	2.1.08.03	Lösungen im Grubenbau
	2.1.08.04	Umläufigkeiten
	2.1.08.05	Kanalisation
	2.1.08.06	Durchströmung von Versatz und technischen Barrieren
	2.1.08.07	Lösungszutritt in Grubenbaue
	2.1.08.08	Quellen des Bentonits aufgrund Durchfeuchtung
	2.1.08.09	Sonstige hydraulische Prozesse im Endlager
2.1.09 Chemical/geochemical processes and conditions (in wastes and EBS) <i>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.</i>		
	2.1.09	
	2.1.09.01	Geochemisches Milieu im Grubengebäude
	2.1.09.02	Auflösung und Ausfällung
	2.1.09.03	Metallkorrosion
	2.1.09.04	Matrixkorrosion
2.1.10 Biological/biochemical processes and conditions (in wastes and EBS) <i>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.</i>		
	2.1.10	
	2.1.10.01	Zersetzung von Organika
	2.1.10.02	Mikrobielle Prozesse im Grubengebäude

NEA No. NEA FEP		
<i>NEA Short description</i>		
	ISIBEL-Nr.	ISIBEL-FEP-Bezeichnung
2.1.11	Thermal processes and conditions (in wastes and EBS)	
<i>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.</i>		
	2.1.11	
	2.1.11.01	Wärmeproduktion
	2.1.11.02	Thermische Expansion und Kontraktion
	2.1.11.03	Verdampfen von Wasser
2.1.12	Gas sources and effects (in wastes and EBS)	
<i>FEPs within and around the wastes, containers and engineered features resulting in the generation of gases and their subsequent effects on the repository system.</i>		
	2.1.12	
	2.1.12.01	Gasbildung
	2.1.12.02	Gasmenge im Grubenbau
	2.1.12.03	Gasvolumen
	2.1.12.04	Gasspeichervolumen
	2.1.12.05	Gaseindringdruck
	2.1.12.06	Imprägnierung
	2.1.12.07	Gasfreisetzung aus Grubenbau
	2.1.12.08	Zündfähige Gasgemische
2.1.13	Radiation effects (in wastes and EBS)	
<i>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.</i>		
	2.1.13	
	2.1.13.01	Strahlungsinduzierte Aktivierung
	2.1.13.02	Materialversprödung durch Strahlung
	2.1.13.03	Radiolyse
2.1.14	Nuclear criticality	
<i>FEPs related to the possibility and effects of spontaneous nuclear fission chain reactions within the repository.</i>		

NEA No.	NEA FEP	NEA Short description
	ISIBEL-Nr.	ISIBEL-FEP-Bezeichnung
	2.1.14	
	2.1.14.01	Erreichen einer kritischen Ansammlung (Kritikalität)
2.2	GEOLOGICAL ENVIRONMENT	
	<i>The features and processes within this environment including, for example, the hydrogeological, geomechanical and geochemical features and processes, both in pre-emplacment state and as modified by the presence of the repository and other long-term changes.</i>	
	2.2	
2.2.01	Excavation disturbed zone, host rock	
	<i>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.</i>	
	2.2.01	
	2.2.01.01	Auflockerungszone
2.2.02	Host rock	
	<i>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.</i>	
	2.2.02	
	2.2.02.01	Wirtsgestein
	2.2.02.02	Klüfte im Wirtsgestein
2.2.03	Geological units, other	
	<i>FEPs related to the properties and characteristics of rocks other than the host rock as they may evolve both before and after repository closure.</i>	
	2.2.03	
	2.2.03.01	Deck- und Nebengebirge
2.2.04	Discontinuities, large scale (in geosphere)	
	<i>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.</i>	
	2.2.04	
	2.2.04.01	Störungen und Störungszonen

NEA No. NEA FEP		
<i>NEA Short description</i>		
	ISIBEL-Nr.	ISIBEL-FEP-Bezeichnung
2.2.05 Contaminants transport path characteristics (in geosphere) <i>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.</i>		
	2.2.05	
	2.2.05.01	Geosphäre: Eigenschaften der Transportpfade
2.2.06 Mechanical processes and conditions (in geosphere) <i>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.</i>		
	2.2.06	
	2.2.06.01	Spannungsumlagerung
	2.2.06.02	Selbstversatz
2.2.07 Hydraulic/hydrogeological processes and conditions (in geosphere) <i>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.</i>		
	2.2.07	
	2.2.07.01	Fluidvorkommen im Wirtsgestein
	2.2.07.02	Lösungsmigration im Wirtsgestein
	2.2.07.03	Geosphäre: Grundwasserströmung <i>Siehe auch FEPs in Abschnitt 3.2.07</i>
2.2.08 Chemical/geochemical processes and conditions (in geosphere) <i>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.</i>		
	2.2.08	
	2.2.08.01	Hydrochemische Verhältnisse im Deck- und Nebengebirge
2.2.09 Biological/biochemical processes and conditions (in geosphere) <i>FEPs related to the biological and biochemical processes that affect the host rock and other</i>		

NEA No. NEA FEP <i>NEA Short description</i>		
	ISIBEL-Nr.	ISIBEL-FEP-Bezeichnung
<i>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.</i>		
	2.2.09	
	2.2.09.01	Mikrobielle Prozesse in der Geosphäre
2.2.10 Thermal processes and conditions (in geosphere) <i>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.</i>		
	2.2.10	
	2.2.10.01	Geothermische Prozesse in der Geosphäre
	2.2.10.02	Wärmebedingte Hebung/Senkung des Deckgebirges
	2.2.10.03	Thermisch bedingte Spannungsänderungen im Wirtsgestein
	2.2.10.04	Temperaturänderung am Salzspiegel
	2.2.10.05	Thermomigration
	2.2.10.06	Thermische Carnallitzersetzung
	2.2.10.07	Schmelzen des Wirtsgesteins
2.2.11 Gas sources and effects (in geosphere) <i>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.</i>		
	2.2.11	
		<i>Siehe FEP „Rohstoffvorkommen“ in Abschnitt 2.2.13</i>
2.2.12 Undetected features (in geosphere) <i>FEPs related to natural or man-made features within the geology that may not be detected during the site investigation.</i>		
	2.2.12	
	2.2.12.01	Unerkannte Merkmale
	2.2.12.02	Fehlinterpretierte Erkundungsergebnisse

NEA No.	NEA FEP	
<i>NEA Short description</i>		
	ISIBEL-Nr.	ISIBEL-FEP-Bezeichnung
2.2.13	Geological resources	
<i>FEPs related to natural resources within the geosphere, particularly those that might encourage investigation or excavation at or near the repository site.</i>		
	2.2.13	
	2.2.13.01	Rohstoffvorkommen
2.3	SURFACE ENVIRONMENT	
<i>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.</i>		
	2.3	
2.3.01	Topography and morphology	
<i>FEPs related to the relief and shape of the surface environment and its evolution.</i>		
	2.3.01	
	2.3.01.01	Topographie und Morphologie
2.3.02	Soil and sediment	
<i>FEPs related to the characteristics of the soils and sediments and their evolution.</i>		
	2.3.02	
	2.3.02.01	Böden
2.3.03	Aquifers and water-bearing features, near surface	
<i>FEPs related to the characteristics of aquifers and water-bearing features within a few metres of the land surface and their evolution.</i>		
	2.3.03	
	2.3.03.01	Aquifere
2.3.04	Lakes, rivers, streams and springs	
<i>FEPs related to the characteristics of terrestrial surface water bodies and their evolution.</i>		
	2.3.04	
	2.3.04.01	Oberflächengewässer
2.3.05	Coastal features	

NEA No.	NEA FEP	NEA Short description
	ISIBEL-Nr.	ISIBEL-FEP-Bezeichnung
<i>FEPs related to the characteristics of coasts and the near shore, and their evolution. Coastal features include headlands, bays, beaches, spits, cliffs and estuaries.</i>		
	2.3.05	
	2.3.05.01	Küstenlinien
2.3.06 Marine features <i>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.</i>		
	2.3.06	
	2.3.06.01	Maritime Bedingungen
2.03.07 Atmosphäre <i>FEPs related to the characteristics of the atmosphere, including capacity for transport, and their evolution.</i>		
	2.3.07	
	2.3.07.01	Atmosphäre
2.03.08 Vegetation <i>FEPs related to the characteristics of terrestrial and aquatic vegetation both as individual plants and in mass, and their evolution.</i>		
	2.3.08	
	2.3.08.01	Vegetation
2.03.09 Animal population <i>FEPs related to the characteristics of the terrestrial and aquatic animals both as individual animals and as populations, and their evolution.</i>		
	2.3.09	
	2.3.09.01	Tiere
2.03.10 Meteorology <i>FEPs related to the characteristics of weather and climate, and their evolution.</i>		
	2.3.10	
	2.3.10.01	Wetter

NEA No. NEA FEP		
<i>NEA Short description</i>		
	ISIBEL-Nr.	ISIBEL-FEP-Bezeichnung
2.3.11	Hydrological regime and water balance (near-surface)	
<i>FEPs related to near-surface hydrology at a catchment scale and also soil water balance, and their evolution.</i>		
	2.3.11	
	2.3.11.01	Hydrologisches System
2.3.12	Erosion and deposition	
<i>FEPs related to all the erosional and depositional processes that operate in the surface environment, and their evolution.</i>		
	2.3.12	
	2.3.12.01	Kurzfristige und lokal begrenzte Erosion und Sedimentation
2.3.13	Ecological/biological/microbial systems	
<i>FEPs related to living organisms and relations between populations of animals, plants and their evolution.</i>		
	2.3.13	
	2.3.13.01	Biosphäre
2.4	HUMAN BEHAVIOUR	
<i>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.</i>		
	2.4	<i>Die FEPs in diesem Abschnitt sind im FEP-Katalog derzeit nicht berücksichtigt. Siehe dazu auch die Fußnote am Tabellenende</i>
2.4.01	Human characteristics (physiology, metabolism)	
<i>FEPs related to characteristics, e.g. physiology, metabolism, of individual humans.</i>		
2.4.02	Adults, children, infants and other variations	
<i>FEPs related to considerations of variability, in individual humans, of physiology, metabolism and habits.</i>		
2.4.03	Diet and fluid intake	
<i>FEPs related to intake of food and water by individual humans and the compositions and origin of intake.</i>		

NEA No. NEA FEP		
<i>NEA Short description</i>		
	ISIBEL-Nr.	ISIBEL-FEP-Bezeichnung
2.4.04		Habits (non-diet-related behaviour) <i>FEPs related to non-diet related behaviour of individual humans, including time spent in various environments, pursuit of activities and uses of materials.</i>
2.4.05		Community characteristics <i>FEPs related to characteristics, behaviour and lifestyle of groups of humans that might be considered as target groups in an assessment.</i>
2.4.06		Food and water processing and preparation <i>FEPs related to treatment of food stuffs and water between raw origin and consumption.</i>
2.4.07		Dwellings <i>FEPs related to houses or other structures or shelter in which humans spend time.</i>
2.4.08		Wild and natural land and water use <i>FEPs related to use of natural or semi-natural tracts of land and water such as forest, bush and lakes.</i>
2.4.09		Rural and agricultural land and water use (incl. fisheries) <i>FEPs related to use of permanently or sporadically agriculturally managed land and managed fisheries.</i>
2.4.10		Urban and industrial land and water use <i>FEPs related to urban and industrial developments, including transport, and their effects on hydrology and potential contaminant pathways.</i>
2.4.11		Leisure and other uses of environment <i>FEPs related to leisure activities, the effects on the surface environment and implications for contaminant exposure pathways.</i>
3		DISPOSAL SYSTEM DOMAIN: ENVIRONMENTAL FACTORS <i>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.</i>
	3	
3.1		RADIONUCLIDE/CONTAMINANT FACTORS <i>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.</i>

NEA No. NEA FEP		
<i>NEA Short description</i>		
	ISIBEL-Nr.	ISIBEL-FEP-Bezeichnung
	3.1	
3.1.01	Radioactive decay and in-growth	
	<i>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.</i>	
	3.1.01	
	3.1.01.01	Radioaktiver Zerfall
3.1.02	Chemical/organic toxin stability	
	<i>FEPs related to chemical stability of chemotoxic species.</i>	
	3.1.02	
	3.1.02.01	<i>Betrachtet werden nur die radiologischen Auswirkungen des Endlagersystems. Auswirkungen chemotoxischer Schadstoffe sind nicht Gegenstand dieses FEP-Katalogs.</i>
3.1.03	Inorganic solids/solutes	
	<i>FEPs related to the characteristics of inorganic solids/solutes that may be considered.</i>	
	3.1.03	
	3.1.03.01	<i>Siehe die FEPs „Inventar: Metalle“, „Inventar: Organika“ und „Inventar: Sonstige Stoffe“ in Abschnitt 2.1.01, den FEP „Abfallmatrix: Eigenschaften“ im Abschnitt 2.1.02 sowie den FEP „Versatz: Eigenschaften des Materials“ im Abschnitt 2.1.04.</i>
3.1.04	Volatiles and potential for volatility	
	<i>FEPs related to the characteristics of radiotoxic and chemotoxic species that are volatile or have the potential for volatility in repository or environmental conditions.</i>	
	3.1.04	
	3.1.04.01	Gasförmige Radionuklide
3.01.05	Organics and potential for organic forms	
	<i>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.</i>	
	3.1.05	

NEA No. NEA FEP <i>NEA Short description</i>		
	ISIBEL-Nr.	ISIBEL-FEP-Bezeichnung
	3.1.05.01	Radioaktive organische Spezies
3.1.06 Noble gases <i>FEPs related to the characteristics of noble gases.</i>		
	3.1.06	
	3.1.06.01	<i>Siehe FEP „Gasförmige Radionuklide“ in Abschnitt 3.1.04</i>
3.2 CONTAMINANT RELEASE/MIGRATION FACTORS <i>The processes that directly affect the release and/or migration of radionuclides in the disposal system domain.</i>		
	3.2	
3.2.01 Dissolution, precipitation and crystallisation, contaminant <i>FEPs related to the dissolution, precipitation and crystallisation of radiotoxic and chemotoxic species under repository or environmental conditions.</i>		
	3.2.01	
	3.2.01.01	Radionuklid-Quellterm
	3.2.01.02	Radionuklid-Mobilisierung
3.2.02 Speciation and solubility, contaminant <i>FEPs related to the chemical speciation and solubility of radiotoxic and chemotoxic species in repository or environmental conditions.</i>		
	3.2.02	
	3.2.02.01	Chemische Speziation
3.2.03 Sorption/desorption processes, contaminant <i>FEPs related to sorption/desorption of radiotoxic and chemotoxic species in repository or environmental conditions.</i>		
	3.2.03	
	3.2.03.01	Sorption, Desorption
3.2.04 Colloids, contaminant interactions and transport with <i>FEPs related to the transport of colloids and interaction of radiotoxic and chemotoxic species with colloids in repository or environmental conditions.</i>		
	3.2.04	

NEA No. NEA FEP		
<i>NEA Short description</i>		
	ISIBEL-Nr.	ISIBEL-FEP-Bezeichnung
	3.2.04.01	Kolloide
3.2.05 Chemical/complexing agents, effects on contaminant speciation/transport <i>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.</i>		
	3.2.05	
	3.2.05.01	Komplexbildung
3.2.06 Microbial/biological/plant-mediated processes, contaminant <i>FEPs related to the modification of speciation or phase change due to microbial/biological/plant activity.</i>		
	3.2.06	
	3.2.06.01	<i>Siehe FEP „Sonstige Transportprozesse in der flüssigen Phase“ in Abschnitt 3.2.07 und „Mikrobielle Prozesse in der Geosphäre“ in Abschnitt 2.2.09</i>
3.2.07 Water-mediated transport of contaminants <i>FEPs related to transport of radiotoxic and chemotoxic species in groundwater and surface water in aqueous phase and as sediments in surface water bodies.</i>		
	3.2.07	
	3.2.07.01	Radionuklidtransport in der flüssigen Phase
	3.2.07.02	Advektion
	3.2.07.03	Konvektion
	3.2.07.04	Diffusion
	3.2.07.05	Matrixdiffusion
	3.2.07.06	Mechanische Dispersion
	3.2.07.07	Sonstige Transportprozesse in der flüssigen Phase
3.2.08 Solid-mediated transport of contaminants <i>FEPs related to transport of radiotoxic and chemotoxic species in solid phase, for example large-scale movements of sediments, landslide, solifluction and volcanic activity.</i>		
	3.2.08	
	3.2.08.01	Feststoffgebundener Radionuklidtransport
3.2.09 Gas-mediated transport of contaminants		

NEA No.	NEA FEP	NEA Short description
	ISIBEL-Nr.	ISIBEL-FEP-Bezeichnung
<i>FEPs related to transport of radiotoxic and chemotoxic species in gas or vapour phase or as fine particulate or aerosol in gas or vapour.</i>		
	3.2.09	
	3.2.09.01	Radionuklidtransport in der Gasphase
3.2.10 Atmospheric transport of contaminants <i>FEPs related to transport of radiotoxic and chemotoxic species in the air as gas, vapour, fine particulate or aerosol.</i>		
	3.2.10	
	3.2.10.01	<i>siehe Fußnote am Tabellenende</i>
3.2.11 Animal, plant and microbe mediated transport of contaminants <i>FEPs related to transport of radiotoxic and chemotoxic species as a result of animal, plant and microbial activity.</i>		
	3.2.11	
	3.2.11.01	<i>siehe Fußnote am Tabellenende</i>
3.2.12 Human-action-mediated transport of contaminants <i>FEPs related to transport of radiotoxic and chemotoxic species as a direct result of human actions.</i>		
	3.2.12	
	3.2.12.01	<i>siehe Fußnote am Tabellenende</i>
3.2.13 Foodchains, uptake of contaminants in <i>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.</i>		
	3.2.13	
	3.2.13.01	<i>siehe Fußnote am Tabellenende</i>
3.3 EXPOSURE FACTORS <i>Processes and conditions that directly affect the dose to members of the critical group, from given concentrations of radionuclides in environmental media.</i>		
	3.3	<i>Die FEPs in diesem Abschnitt sind im FEP-Katalog derzeit nicht berücksichtigt. Siehe dazu auch die Fußnote am Tabellenende</i>

NEA No. NEA FEP	
NEA Short description	
	ISIBEL-Nr. ISIBEL-FEP-Bezeichnung
3.3.01	Drinking water, foodstuffs and drugs, contaminant concentrations in <i>FEPs related to the presence of radiotoxic and chemotoxic species in drinking water, foodstuffs or drugs that may be consumed by human.</i>
3.3.02	Environmental media, contaminant concentrations in <i>FEPs related to the presence of radiotoxic and chemotoxic species in environmental media other than drinking water, foodstuffs or drugs.</i>
3.3.03	Non-food products, contaminant concentrations in <i>FEPs related to the presence of radiotoxic and chemotoxic species in human manufactured materials or environmental materials that have special uses, e.g. clothing, building materials, peat.</i>
3.3.04	Exposure modes <i>FEPs related to the exposure of man (or other organisms) to radiotoxic and chemotoxic species.</i>
3.3.05	Dosimetry <i>FEPs related to the dependence between radiation or chemotoxic effect and amount and distribution of radiation or chemical agent in organs of the body.</i>
3.3.06	Radiological toxicity/effects <i>FEPs related to the effect of radiation on man or other organisms.</i>
3.3.07	Non-radiological toxicity/effects <i>FEPs related to the effects of chemotoxic species on man or other organisms.</i>
3.3.08	Radon and radon daughter exposure <i>FEPs related to exposure to radon and radon daughters.</i>

¹ Diese FEPs beschäftigen sich mit einzelnen Prozessen und Randbedingungen, die die Vorgänge in der Biosphäre direkt betreffen und für die potenzielle Strahlenexposition an einem Standort relevant sind. Eine Bewertung dieser Prozesse ist nur für die heute herrschenden Bedingungen möglich. Eine belastbare Abschätzung für die Zukunft ist aus prinzipiellen Gründen nur für wenige nachfolgende Generationen möglich. Es wird davon ausgegangen, dass die Abbildung der Prozesse in der Biosphäre analog zur heute geltenden AVV zur StrSchV auch in Zukunft durch entsprechende regulatorische Vorgaben bestimmt wird. Daher sind die einzelnen Transfer- und Transportprozesse nicht in den vorliegenden FEP-Katalog aufgenommen worden.

Teil D Beziehungsmatrix

In der nachfolgend dargestellten Beziehungsmatrix sind die wechselseitigen Abhängigkeiten zwischen den FEP durch Kennzahlen dargestellt. Die Kennzahlen besitzen folgende Bedeutung:

- 2 Das FEP in der Zeile löst das FEP in der Spalte aus (Beispiel: Das FEP *Spannungsumlagerung* löst das FEP *Auflockerungszone* aus)
- 1 Das FEP in der Zeile beeinflusst das FEP in der Spalte (Beispiel: Das FEP *Advektion* beeinflusst das FEP *Radionuklidtransport in der flüssigen Phase*)
- 0 Beide FEP beeinflussen sich gegenseitig (Beispiel: Die FEP *Geochemisches Milieu* und *Korrosion* beeinflussen sich gegenseitig)
- 1 Das FEP in der Zeile wird durch das FEP in der Spalte beeinflusst (Beispiel: Das FEP *Geosphäre: Eigenschaften der Transportpfade* wird durch FEP *Störungen und Störungszonen* beeinflusst)
- 2 Das FEP in der Zeile wird durch das FEP in der Spalte ausgelöst (Beispiel: Das FEP *Radiolyse* wird durch das FEP *Radioaktiver Zerfall* ausgelöst)
- Leer Ein leeres Feld bedeutet, dass es keine Abhängigkeit zwischen den beiden FEP gibt

Diese Matrix wurde mit einem Tabellenkalkulationsprogramm erstellt, das auch dazu genutzt wurde, die Konsistenz der Einträge zu überprüfen.

FEP aus Zeile wird von FEP aus Spalte ausgelöst = -2, ausbleibendes FEP (A); FEP aus Spalte resultiert aus FEP aus Zeile = 2, resultierendes FEP (R); FEP aus Zeile beeinflusst FEP aus Spalte = 1, beeinflusstes FEP (B-); FEP aus Zeile wird von beeinflusstes FEP (->B); FEP aus Zeile und Spalte beeinflussen sich beidseitig = 0, beidseitiger Einfluss (B)	2.2.09.01 Mikrobielle Verhältnisse in der Geosphäre	2.2.10.03 Thermisch bedingte Spannungsänderungen im Wirtsgestein	2.2.10.04 Temperaturänderung am Salzspiegel	2.2.10.05 Thermomigration	2.3.01.01 Topographie und Morphologie	2.3.03.01 Aquifere	2.3.04.01 Oberflächengewässer	2.3.06.01 Maritime Bedingungen	3.1.01.01 Radioaktiver Zerfall	3.1.04.01 Gasförmige Radionuklide	3.1.05.01 Radioaktive organische Spezies	3.2.01.01 Radionuklid-Quellterm	3.2.01.02 Radionuklid-Mobilisierung	3.2.02.01 (Chemische) Speziation	3.2.03.01 Sorption, Desorption	3.2.04.01 Kolloide	3.2.05.01 Komplexbildung	3.2.07.01 Radionuklidtransport in der flüssigen Phase	3.2.07.02 Adsorption	3.2.07.03 Korrektion	3.2.07.04 Diffusion	3.2.07.05 Matrixdiffusion	3.2.07.06 Mechanische Dispersion	3.2.08.01 Feststoffgebundener Radionuklidtransport	3.2.09.01 Radionuklidtransport in der Gasphase
2.1.11.02 Thermische Expansion und Kontraktion	2																								
2.1.11.03 Verdampfen von Wasser																									
2.1.12.01 Gasbildung										2															
2.1.12.02 Gasmenge im Grubenbau																									
2.1.12.03 Gasvolumen																									
2.1.12.04 Gasspeichervolumen																									
2.1.12.05 Gaseintragsdruck																									
2.1.12.06 Imprägnierung																									
2.1.12.07 Gasfreisetzung aus Grubenbau																									
2.1.13.01 Strahlungsinduzierte Aktivierung																									
2.1.13.02 Materialversprödung durch Strahlung																									
2.1.13.03 Radialyse																									
2.2.01.01 Auflockerungszone		-1																							
2.2.02.01 Wirtsgestein		1	1	1																					
2.2.02.02 Klüfte im Wirtsgestein		-1																							
2.2.03.01 Deck- und Nebengebirge	1		1	1	2																				
2.2.04.01 Störungen und Störungszonen				1	1																				
2.2.05.02 Geosphäre: Eigenschaften der Transportpfade	-1				-1																				
2.2.06.01 Spannungsumlagerung																									
2.2.07.01 Fluidvorkommen im Wirtsgestein			1	1																					
2.2.07.03 Geosphäre: Grundwasserströmung			1	-1	-1	-1																			
2.2.08.01 Hydrochemische Verhältnisse im Deck- und Nebengebirge	0				-1	-1																			
2.2.09.01 Mikrobielle Verhältnisse in der Geosphäre						-1																			
2.2.10.03 Thermisch bedingte Spannungsänderungen im Wirtsgestein																									
2.2.10.04 Temperaturänderung am Salzspiegel																									
2.2.10.05 Thermomigration																									

