



Bundesamt für Strahlenschutz

# Deckblatt

GZ: QM - 9A 34000000 / SE 4.2.3

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd.Nr.	Rev.	Seite: I
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	34000000	GH	RB	0009	00	Stand: 19.04.2016

Titel der Unterlage:

RISIKOABWÄGUNG FÜR DAS WEITERE VORGEHEN IM BEREICH DER 2. SÜDLICHEN RICHTSTRECKE NACH WESTEN, 750-M-SOHL

Ersteller:

BFS

Stempelfeld:

Freigabe durch bergrechtlich verantwortliche Person:

Freigabe durch atomrechtlich verantwortliche Person:

Freigabe PL:

Freigabe zur Anwendung:

Diese Unterlage unterliegt samt Inhalt dem Schutz des Urheberrechts sowie der Pflicht zur vertraulichen Behandlung auch bei Beförderung und Vernichtung und darf vom Empfänger nur auftragsbezogen genutzt, vervielfältigt und Dritten zugänglich gemacht werden. Eine andere Verwendung und Weitergabe bedarf der ausdrücklichen Zustimmung des BfS.



Bundesamt für Strahlenschutz

# Revisionsblatt

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: II Stand: 19.04.2016
NAAN	NNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	34000000	GH	RB	0009	00	

Titel der Unterlage:

RISIKOABWÄGUNG FÜR DAS WEITERE VORGEHEN IM BEREICH DER 2. SÜDLICHEN RICHTSTRECKE NACH WESTEN, 750-M-SOHL

Rev.	Rev.-Stand Datum	UVST	Prüfer	Rev. Seite	Kat.*	Erläuterung der Revision

\*) Kategorie R = redaktionelle Korrektur  
Kategorie V = verdeutlichende Verbesserung  
Kategorie S = substantielle Änderung  
mindestens bei der Kategorie S müssen Erläuterungen angegeben werden



Bundesamt für Strahlenschutz

## Risikoabwägung für das weitere Vorgehen im Bereich der 2. südlichen Richtstrecke nach Westen, 750-m-Sohle

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.		Seite: 1 von 33
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		
9A	34000000	GH	RB	0009	00		Stand: 19.04.2016

# Risikoabwägung

## für das weitere Vorgehen im Bereich der 2. südlichen Richtstrecke nach Westen, 750-m-Sohle

Verfasser:

Ort, Datum: Salzgitter, 19.04.2016



Bundesamt für Strahlenschutz

## Risikoabwägung für das weitere Vorgehen im Bereich der 2. südlichen Richtstrecke nach Westen, 750-m-Sohle

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 2 von 33
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	34000000	GH	RB	0009	00	Stand: 19.04.2016

### KURZFASSUNG

Verfasser:

**Titel:** Risikoabwägung für das weitere Vorgehen im Bereich der 2. südlichen Richtstrecke nach Westen, 750-m-Sohle

**Stand:** 19.04.2016

Aufgrund fortlaufender gebirgsmechanischer Verformungen im Bereich der Einlagerungskammern auf der 750-m-Sohle, ist im Jahr 2016 die „Verfüllung“ und damit Stabilisierung der 2. südlichen Richtstrecke nach Westen vorgesehen. Zur Aufrechterhaltung der zurzeit aus Strahlenschutzgründen in diesem Bereich betriebenen Laugenfassungsstellen soll die Verlegung der Betriebspunkte auf Sohlen oberhalb von 700 m erfolgen.

In der vorliegenden Unterlage werden die Risiken und Chancen einer „Offenhaltung“ dieses Bereichs diskutiert. Sie dient damit als Entscheidungsgrundlage für das weitere Vorgehen.

### ABSTRACT

Authors:

**Title:** Risikoabwägung für das weitere Vorgehen im Bereich der 2. südlichen Richtstrecke nach Westen, 750-m-Sohle

**Status:** 19.04.2016

Due to continuous rock-mechanical deformations in the area of storage chambers 4 and 8 at level 750 m, the second southern driftway on the 750m level is earmarked for backfilling and thus stabilization. A brine collection is operated in the area as a radiation protection measure. It is planned to maintain the brine collection after backfilling by operating it from levels above 700 m.

In the present report the risks and opportunities of maintaining the second southern driftway are discussed. It therefore serves as a basis for further action.



Bundesamt für Strahlenschutz

## Risikoabwägung für das weitere Vorgehen im Bereich der 2. südlichen Richtstrecke nach Westen, 750-m-Sohle

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.		Seite: 3 von 33
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		
9A	34000000	GH	RB	0009	00		Stand: 19.04.2016

### Inhaltsverzeichnis

<b>KURZFASSUNG</b> .....	<b>2</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>2</b>
<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS</b> .....	<b>4</b>
<b>ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS</b> .....	<b>4</b>
<b>1 EINFÜHRUNG</b> .....	<b>5</b>
1.1 VERANLASSUNG UND ZIEL .....	5
1.2 RAND- UND RAHMENBEDINGUNGEN .....	5
<b>2 SACHSTAND</b> .....	<b>5</b>
2.1 STANDORTBESCHREIBUNG .....	5
2.2 GEBIRGSMECHANIK .....	8
2.3 STRAHLENSCHUTZ .....	9
2.4 NOTFALLPLANUNG.....	9
2.5 LAUFENDE UND GEPLANTE MASSNAHMEN.....	12
<b>3 VERFÜLLUNG</b> .....	<b>13</b>
<b>4 OFFENHALTUNG</b> .....	<b>13</b>
<b>5 METHODIK</b> .....	<b>15</b>
5.1 WICHTUNGSSYSTEMATIK .....	15
5.2 BERÜCKSICHTIGTE SZENARIEN UND SYSTEMENTWICKLUNGEN.....	16
5.3 IDENTIFIKATION, BEWERTUNG UND BERÜCKSICHTIGUNG VON RISIKEN .....	18
<b>6 ERGEBNISSE</b> .....	<b>19</b>
6.1 GEWICHTUNG VON ZIELEN .....	19
6.2 RISIKEN.....	21
6.3 AUSWIRKUNGEN .....	23
6.4 UNGEWISSHEITEN .....	23
6.5 ABWÄGUNG.....	24
<b>LITERATURVERZEICHNIS</b> .....	<b>27</b>
<b>BEGRIFFSBESTIMMUNG</b> .....	<b>27</b>
<b>ANHANG</b> .....	<b>30</b>

Gesamtseitenzahl: 33

Stichworte: Offenhaltung, Risikoabwägung, Verfüllung, Richtstrecke, 750m-Sohle



Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.		Seite: 4 von 33
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		
9A	34000000	GH	RB	0009	00		Stand: 19.04.2016

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Risswerkausschnitt im Bereich der 2. südlichen Richtstrecke.....6

Abbildung 2: Darstellung der zugelassenen Maßnahmen im Bereich des Hauptquerschlags nach Süden, 750 m-Sohle (Asse GmbH 2014). .....7

Abbildung 3: Darstellung der Einlagerungsbereiche im Bereich der 2. südlichen Richtstrecke. .11

Abbildung 4: Darstellung der geplanten Maßnahmen zur „Verfüllung“ der 2. südlichen Richtstrecke.....12

Abbildung 5: Risikograph. ....16

Abbildung 6: Netto- Risiken (ohne Berücksichtigung von Präventions- und Kompensationsmaßnahmen).....25

Abbildung 7: Brutto- Risiken (mit Berücksichtigung von Präventions- und Kompensationsmaßnahmen).....26

## TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Risikoliste der „Offenhaltung“ .....22

Tabelle 2: Risikoliste der „Verfüllung“ .....22

## ANHANGSVERZEICHNIS

Anhang 1: Risikoliste für die „Offenhaltung“

Anhang 2: Risikoliste für die „Verfüllung“

## ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

<b>AGO</b>	Arbeitsgruppe Optionenvergleich
<b>ALARP</b>	englisches Akronym für „as low as reasonably practicable“ (,so niedrig, wie vernünftigerweise praktikabel’).
<b>AtG</b>	Atomgesetz
<b>AÜL</b>	Auslegungsüberschreitender Lösungszutritt
<b>BfS</b>	Bundesamt für Strahlenschutz
<b>ELK</b>	Einlagerungskammer
<b>ELB</b>	Einlagerungsbereich
<b>LAW</b>	Low active waste
<b>2sRnW750</b>	2. südliche Richtstrecke nach Westen, 750m-Sohle



Bundesamt für Strahlenschutz

## Risikoabwägung für das weitere Vorgehen im Bereich der 2. südlichen Richtstrecke nach Westen, 750-m-Sohle

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.		Seite: 5 von 33
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 19.04.2016
9A	34000000	GH	RB	0009	00		

# 1 EINFÜHRUNG

## 1.1 VERANLASSUNG UND ZIEL

Seit 2013 werden mit der A2B und der AGO die Vor- und Nachteile einer „Verfüllung“ oder einer „Offenhaltung“ der 2sRnW750 diskutiert. Das Projekt Asse des BfS wurde mit einer systematischen Risikoabwägung der Variante der „Verfüllung“ (Asse GmbH 2010) und den Varianten der „Offenhaltung“ der 2. Südlichen Richtstrecke nach Westen auf der 750-m-Sohle (BfS 2015) beauftragt.

Ziel der vorliegenden sicherheitsgerichteten Risikoabwägung ist eine ganzheitliche Bewertung als Entscheidungsgrundlage für das weitere Vorgehen.

## 1.2 RAND- UND RAHMENBEDINGUNGEN

Gemäß §57b AtG (Lex Asse) ist die Schachanlage Asse II unverzüglich stillzulegen. Die Stilllegung soll nach Rückholung der radioaktiven Abfälle erfolgen. Wenn die Durchführung der Rückholung für die Bevölkerung und die Beschäftigten aus radiologischen oder sonstigen sicherheitsrelevanten Gründen nicht vertretbar sein sollte, ist die Rückholung abubrechen und die dann bestmögliche Stilllegungsoption durchzuführen.

Nach derzeitigem Kenntnisstand bedingt die sichere Stilllegung der Schachanlage die Rückholung der radioaktiven Abfälle. Um diese Zielstellung erreichen zu können, ist daher zunächst die Sicherheit im Offenhaltungsbetrieb bis zum Abschluss der Arbeiten aufrecht zu erhalten. Die Schadensvorsorge zum bestehenden Risiko eines auslegungsüberschreitenden Lösungszutritts (AÜL) erfolgt mit der Umsetzung der Notfallplanung, deren prognostizierte Wirkung sich erst nach vollständiger Umsetzung einstellt. Der Umsetzungszeitbedarf sämtlicher Maßnahmen der Notfallplanung wird erwartungsgemäß größer sein, als die zur Verfügung stehende Zeit während des Absaufens der Schachanlage Asse II. Aus diesem Grund werden bereits heute Teile der Notfallplanung umgesetzt.

# 2 SACHSTAND

## 2.1 STANDORTBESCHREIBUNG

Die 2sRnW750 wurde etwa im Jahr 1920 nördlich der Abbaue 4, 8, 9 und 10 (Na3) aufgefahren. Nach Abschluss der Steinsalzgewinnung wurden in den Abbau 4 von 1967–1971, in den Abbau 8 von 1974–1975 und in den Abbau 10 von 1974–1976 schwachradioaktive Abfälle eingelagert (s. Abbildung 1).





Bundesamt für Strahlenschutz

## Risikoabwägung für das weitere Vorgehen im Bereich der 2. südlichen Richtstrecke nach Westen, 750-m-Sohle

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 7 von 33
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	34000000	GH	RB	0009	00	

Sohle sowie festgestellte Lösungszutritte aus der Firste. Im Jahr 2013 wurde der Bereich der 2sRnW750 westlich Abbau 9/750 zur Stabilisierung mit Sorelbeton versetzt.

Der für eine mögliche „Offenhaltung“ zu betrachtende Streckenabschnitt erstreckt sich westlich vom Streckenkreuz mit dem Hauptquerschlag nach Süden bis zum Zugang von Abbau 9/750.

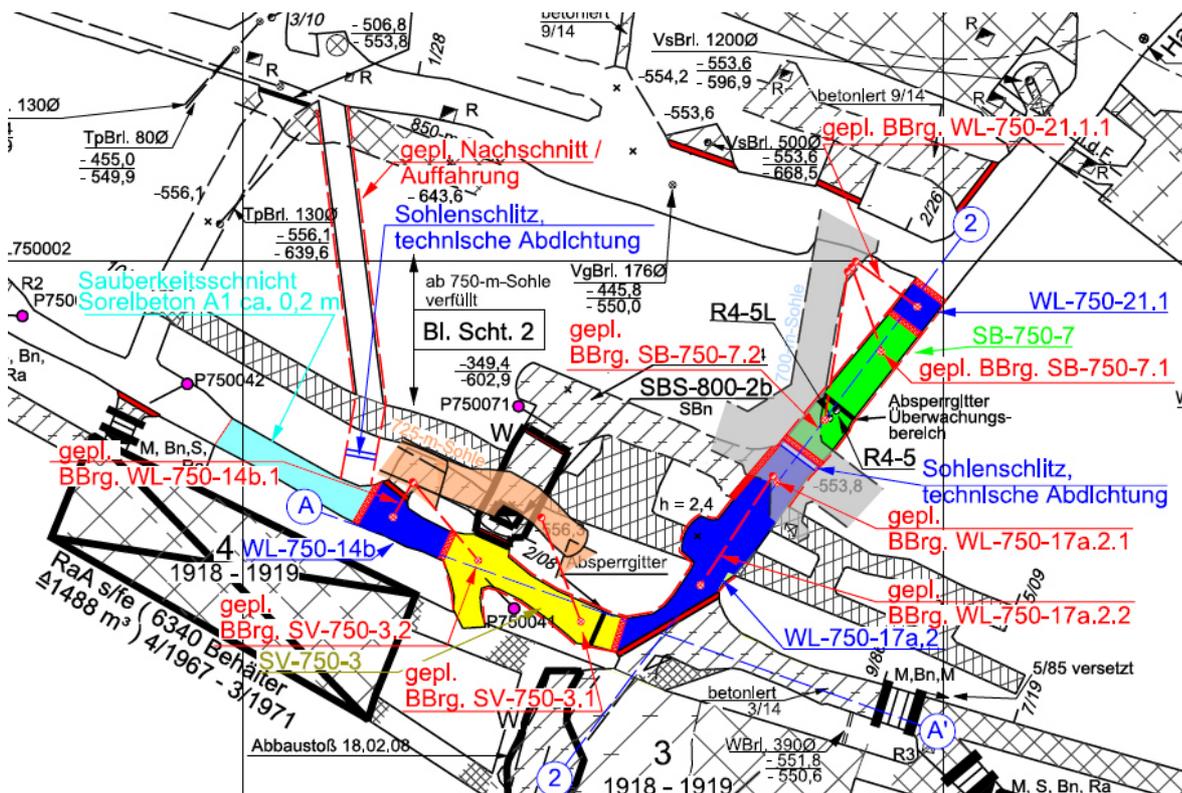


Abbildung 2: Darstellung der zugelassenen Maßnahmen im Bereich des Hauptquerschlags nach Süden, 750 m-Sohle (Asse GmbH 2014).

Die östlichen an das Streckenkreuz zum Hauptquerschlag anschließenden Bereiche und der Abbau 3/750 (Na3) sind in dem Zeitraum von März bis April 2014 verfüllt worden (s. Abbildung 2).

Das Streckenkreuz wurde bis auf einen 2 m breiten Durchgang im Nordwesten abgemauert und mit Sorelbeton verfüllt. Eine ca. 20 cm hohe Sauberkeitsschicht aus Sorelbeton wurde im östlichen Teil der 2sRnW750, der ca. im Pfeiler zwischen den Abbauen 3 und 4 liegt, aufgebracht. Anlass hierfür ist die Überdeckung von Kontaminationen der Sohle und die Vermeidung von Verschleppungen. Die Sauberkeitsschicht ist aufgrund gebirgsmechanischer Beanspruchungen in Teilbereichen bereits geschädigt.

Der nordöstlich von ELK 4/750 gelegene Blindschacht 2 wurde bereits im Jahr 2008 von der 800m bis 750m-Sohle mit Sorelbeton verfüllt, wobei die Verfüllung der Hinterfahrung zum Blindschacht 2 im September 2014 erfolgte. Eine Bohrung von der 700m-Sohle wurde in diesem Bereich zum Erhalt des Lösungsmonitorings erstellt. Durch die Bohrung werden weiterhin Messungen und Beprobungen ermöglicht.



Bundesamt für Strahlenschutz

## Risikoabwägung für das weitere Vorgehen im Bereich der 2. südlichen Richtstrecke nach Westen, 750-m-Sohle

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 8 von 33
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	34000000	GH	RB	0009	00	Stand: 19.04.2016

Um aus Richtung der Einlagerungskammern abfließende Lösungen aufzufangen, wurden im Bereich der Kammerzugänge und der östlich von ELK 4/750 gelegenen Nische sowie vor dem Zugang zu Abbau 9/750 aus Gründen des betrieblichen Strahlenschutzes Fassungsstellen angelegt (Kataster-lokalitäten: P750006, P750023, P750042, P750043, P750044 und P750045). Die sich dort ansammelnden Lösungen werden bedarfsweise abgepumpt.

## 2.2 GEBIRGSMECHANIK

Die gebirgsmechanische Situation im Bereich der 2sRnW750 steht im Zusammenhang mit der Entwicklung der hangenden Bereiche auf der 725m-Sohle, insbesondere der Gleitbogenausbaustrecke. Geotechnische Messungen in der Schweben zwischen 725- und 750m-Sohle belegen dort vorliegende Auflockerungserscheinungen. Sichtbare Risse und Durchfeuchtungen in der Gleitbogenausbaustrecke der 725m-Sohle und in der 2sRnW750 zeigen einen fortschreitenden Integritätsverlust der Pfeiler und Schweben. Hierdurch ergeben sich unter Berücksichtigung der beobachteten Auflockerungen im Bereich der 2sRnW750 Gefährdungspotentiale durch den Austrag von Kontaminationen und Zersetzungserscheinungen im nördlich anstehenden Carnallitit.

Durch die lange offene Standzeit des Grubengebäudes und der damit einhergehenden gebirgsmechanischen Einwirkungen sind diverse Schädigungen im Konturbereich der 2sRnW750 und in den Pfeilern auf der 750- und 725m-Sohle, insbesondere zwischen den Abbaureihen 2 und 3 sowie 3 und 4, festzustellen. Bis zur Verfüllung der Hinterfahrung des Blindschachts 2 konnte der Restpfeiler zur 2. südlichen Richtstrecke nach Westen eingesehen werden. Hier konnten deutliche Schädigungsprozesse über mehrere Jahre belegt werden.

Im Kreuzungsbereich des Hauptquerschlages nach Süden und der 2sRnW750 konzentrieren sich die Schädigungen auf den Firstbereich sowie den Pfeiler- und Zugangsbereich zum Abbau 3/750. In den Erkundungsbohrungen sind außerdem Schädigungen in Folge gebirgsmechanischer Reaktionen festgestellt worden. Einer weiteren Schädigung wurde durch die Resthohlraumverfüllung im Abbau 3/750, in der südlichen Richtstrecke nach Osten und des überwiegenden Teils des Streckenkreuzes entgegengewirkt.

Im Bereich der Nische im Pfeiler zwischen Abbau 3/750 und ELK 4/750 sowie im Zugangsbereich der Verbindungsstrecke zwischen ELK 8/750 und Abbau 9/750 liegen diverse Abschalungen und Vertikalrisse als Folge gebirgsmechanischer Reaktionen vor. Die Zugänge ELK 4/750 und ELK 8/750 wurden aus radiologischen Sicherheitsaspekten abgemauert, jedoch ist die Mauer vor dem östlichen Eingang in ELK 8/750 in Folge gebirgsmechanischer Beanspruchungen zusammengefallen. Insbesondere die Firste weist erhebliche Entfestigungserscheinungen auf. Zusätzlich ist dieser Bereich durch ein anhaltendes mikroseismisches Cluster gekennzeichnet. Der Südstoß weist auf Höhe der ELK 8/750 trotz kontinuierlicher Sicherungsarbeiten in der Richtstrecke Bereiche mit deutlichen Abschalungen auf. Im Bereich des Nordstoßes weisen die Stöße in den Übergängen zu den Verschlussbauwerken östlich und westlich des Blindschachtes 2 Abschalungen und Vertikalrisse auf. Die Nische nördlich des Zugangs zur ELK 4/750 ist im Übergang vom Steinsalz zum Carnallitit deutlich konvergiert und vollständig eingedrückt worden.

Gebirgsmechanische Schädigungen in Form von Sohlenaufwölbungen westlich des abgemauerten Zugangs zur ELK 4/750 weist die Sohle der 2sRnW750 ebenfalls auf.

				<b>Risikoabwägung für das weitere Vorgehen im Bereich der 2. südlichen Richtstrecke nach Westen, 750-m-Sohle</b>			
Bundesamt für Strahlenschutz							
Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 9 von 33	
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		
9A	34000000	GH	RB	0009	00	Stand: 19.04.2016	

Eine Sanierung der Streckensohle in Höhe der Nische im Pfeiler zwischen ELK 4/750 und Abbau 3/750 erfolgte Mitte 2012. Hierbei wurde kontaminierte saline Lösung in einem Sohlaufbruch festgestellt, die zur Vermeidung von Kontaminationsverschleppung durch eine Sauberkeitsschicht abgedeckt worden ist.

## 2.3 STRAHLENSCHUTZ

Um die Salzlösungen, die auf den höheren Sohlen nicht gefasst werden können, auf der 750m-Sohle zu fassen, sind vor den Zugängen der Einlagerungskammern 4/750, 8/750 und 10/750 Fassungsstellen angelegt worden. Die Auswertungen der Salzlösungen in den Fassungsstellen zeigen, dass seit 2008 die zugetretenen Lösungen Kontakt mit den radioaktiven Abfällen haben und u. a. einen Austrag von Cs 137 verursachen. Aus diesem Grund ist die 2sRnW750 auf der 750m-Sohle Großteils als Überwachungsbereich ausgewiesen. Innerhalb dessen befinden sich drei radiologisch relevante Lösungsfassungsstellen P750042, P750043 und P750045 (s. Abbildung 1). Da dieser Bereich befahren wird, findet an den einzelnen Fassungsstellen eine regelmäßige Kontrolle statt. Um Kontaminationsverschleppungen in das Grubengebäude zu verhindern, werden die Lösungen abgepumpt, sobald der Lösungspegel bis in den Bereich der Sohlenoberfläche ansteigt und es zu Kontaminationen kommen kann.

Während an der Stelle P750042 im Betrachtungszeitraum seit 2008 keine Lösungsförderung erfolgte, wurde die Lokalität P750044 in Abhängigkeit der Entwicklung des Pegels ca. alle 2 Jahre – zuletzt am 08.07.2014 – und die Lokalität P750043 ca. alle 1 bis 2 Monate – zuletzt am 21.01.2016 – abgepumpt. Der gefasste Lösungszufluss der Katasterstelle P750043 wird mit ca. 10 l/d angegeben.

In den Fassungsstellen P750042 und P750044 stagnieren die Cs-137-Aktivitätskonzentrationen im Bereich von 0,7 kBq/l bzw. 2,5 kBq/l. In der Fassungsstelle P750043 verringerte sich die Cs-137-Aktivitätskonzentration seit Januar 2013 von ca. 20 kBq/l auf ca. 12 kBq/l (Stand 31.05.2015). Die Tritiumkonzentrationen in den Lösungen der Fassungsstellen P750042, P750043 und P750044 schwanken in einem Bereich von 2,4 MBq/l bis 4,2 MBq/l.

## 2.4 NOTFALLPLANUNG

Aufgrund der Tatsache, dass der Zustand des Grubengebäudes und des umgebenden Gebirges keine gesicherte Prognose zulässt, ob und wenn ja, wann der bereits bestehende Lösungszufluss aus dem Deckgebirge derart ansteigt, dass die Rückholung abzubrechen ist, müssen so früh wie möglich Maßnahmen ergriffen werden, die auch für diesen, nicht auszuschließendem Fall, die dann bestmögliche Schadensvorsorge gewährleisten. Diesem Zweck dient die Notfallplanung.

Die Notfallplanung unterstützt durch umfangreiche Verfüllmaßnahmen die Stabilität der Grube. Diese muss mindestens bis zur Beendigung der Rückholung und der anschließenden Stilllegung der Schachanlage aufrechterhalten werden. Die qualitätsgerechte Umsetzung dieser Maßnahmen gilt somit als zwingende Voraussetzung für den Erhalt der Betriebssicherheit und die Durchführung der planmäßigen Rückholung der Abfälle. Des Weiteren werden in der Notfallplanung Maßnahmen berücksichtigt, die erforderlich sind, um im Falle eines Verbleibs von Abfällen in der Grube die dann bestmögliche Schadensvorsorge erreichen zu können. Hierzu zählen:



Bundesamt für Strahlenschutz

## Risikoabwägung für das weitere Vorgehen im Bereich der 2. südlichen Richtstrecke nach Westen, 750-m-Sohle

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 10 von 33
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	34000000	GH	RB	0009	00	Stand: 19.04.2016

- der Bau von Strömungsbarrieren,
- das Einbringen von Mg-Depots in die ELK,
- das Verfüllen der MAW-Kammer,
- das Fluten der Grube mit einer an  $MgCl_2$ -gesättigten Lösung (R-Lösung),
- die Schachtverschlüsse und
- die Druckluftbeaufschlagung.

Da das Eintreten eines AÜL nicht ausgeschlossen werden kann und nicht vorhersagbar ist, wann dieser eintreten kann und wie ein daraus folgendes Szenario ablaufen wird, ist keine Prognose möglich, wie viele der geplanten Maßnahmen dann noch realisierbar sein werden. Aus diesem Grund sind diese Maßnahmen höchst vorsorglich bereits durchzuführen, sofern sie die Rückholung nicht beeinflussen. Die Maßnahmen, die bereits frühzeitig fertiggestellt werden können, sind Bestandteil der Vorsorgemaßnahmen. Die Maßnahmen, die erst nach Eintreten eines Notfalls ergriffen werden, sind zusätzlich erforderlich, um die Gesamtmaßnahmen der Notfallplanung abzuschließen und so die bestmögliche Schadenvorsorge zu gewährleisten.

Mit Vollendung der Vorsorgemaßnahmen und der Herstellung der Notfallbereitschaft ist hinsichtlich der Standsicherheit des Grubengebäudes ein Systemzustand erreicht, der die sichere Rückholung ermöglicht. Gleichzeitig sind dann von den notfallrelevanten Maßnahmen so viele bereits realisiert, dass bei Eintreten des Notfalls nur noch eine begrenzte Anzahl von Maßnahmen erforderlich ist, um die Konsequenzen in der Biosphäre auf ein bestmögliches Maß zu reduzieren. Ob sich wirklich alle Maßnahmen realisieren lassen werden, hängt vom Zeitpunkt ab zu dem der Notfall ausgerufen wird und vom Ablauf des Notfallszenarios, das jedoch im Vorhinein nicht genau beschreibbar ist.

Um die in Kapitel 1.2 genannten Ziele zu erreichen, sind nach bisherigem Kenntnisstand nachfolgende wesentliche Maßnahmen im direkten Zusammenhang mit der 2sRnW750 erforderlich:

- Errichtung von Strömungsbarrieren in den querschlägigen Verbindungen zwischen der 1. und 2. südlichen Richtstrecke nach Westen auf der 750m-Sohle zur Realisierung des „Topfkonzepes“. Motivation ist die Trennung der ELB zur Gewährleistung des geochemischen Milieus
- Einbringen von stützendem Versatz zum Erhalt und zur Verbesserung der Integritätseigenschaften der Pfeiler
- Verfüllung der Einlagerungskammern mit Mg-Depot über vorab erstellte Bohrungen bis in die Nähe der Kammern
- Aufsättigung des Restporenraums in den Einlagerungskammern mit einer an  $MgCl_2$ -gesättigten Lösung (R-Lösung).

Unter der Voraussetzung, dass alle diese Maßnahmen qualitätsgerecht durchgeführt wurden, lassen sich anhand von Modellrechnungen, belastbare Aussagen über mögliche Konsequenzen in der Biosphäre machen. Der hierfür erforderliche Qualitätsmaßstab lässt sich nur durch die Anwendung eines geregelten Qualitätssicherungsprogramms erreichen. Die Maßnahmen der Notfallplanung lassen sich zeitlich in Maßnahmen vor Eintreten eines AÜL (Vorsorgemaßnahmen) und in solche nach einem möglichen Eintreten eines AÜL (Notfallmaßnahmen) unterscheiden. Für alle Vorsorgemaßnahmen lässt sich eine ordnungsgemäße Qualitätssicherung realisieren und somit die Eigenschaften der Maßnahmen belegen. Notfallmaßnahmen werden sich zumeist aus Zeitgründen nicht mehr



Bundesamt für Strahlenschutz

## Risikoabwägung für das weitere Vorgehen im Bereich der 2. südlichen Richtstrecke nach Westen, 750-m-Sohle

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 11 von 33 Stand: 19.04.2016
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	34000000	GH	RB	0009	00	

mit diesen Qualitätsansprüchen realisieren lassen. Bei einer erforderlichen Bewertung von radiologischen Konsequenzen bei einem Verbleib von Abfällen in der Grube wäre dem entsprechend Rechnung zu tragen und die Funktion der Maßnahmen in Frage zu stellen.

Nördlich angrenzend an die 2sRnW750 befinden sich 4 Lokationen, in denen der Bau von Strömungsbarrieren im Sinne von Vorsorgemaßnahmen erforderlich ist, um bei einem Verbleib von Abfällen in der Grube den Lösungsaustausch zwischen den Einlagerungsbereichen LAW 1 und LAW 2 (s. Abbildung 3) und die damit verbundene Beeinflussung des geochemischen Milieus (Versauerung) zu verhindern. Durch eine frühestmögliche Stützung des Bereichs der 2sRnW750 wird einer weitergehenden Auflockerung des Bereichs um die Strömungsbarrieren entgegengewirkt. Dies ist eine wichtige Voraussetzung, um die Funktionalität der Barrieren qualitätsgesichert zu erreichen.

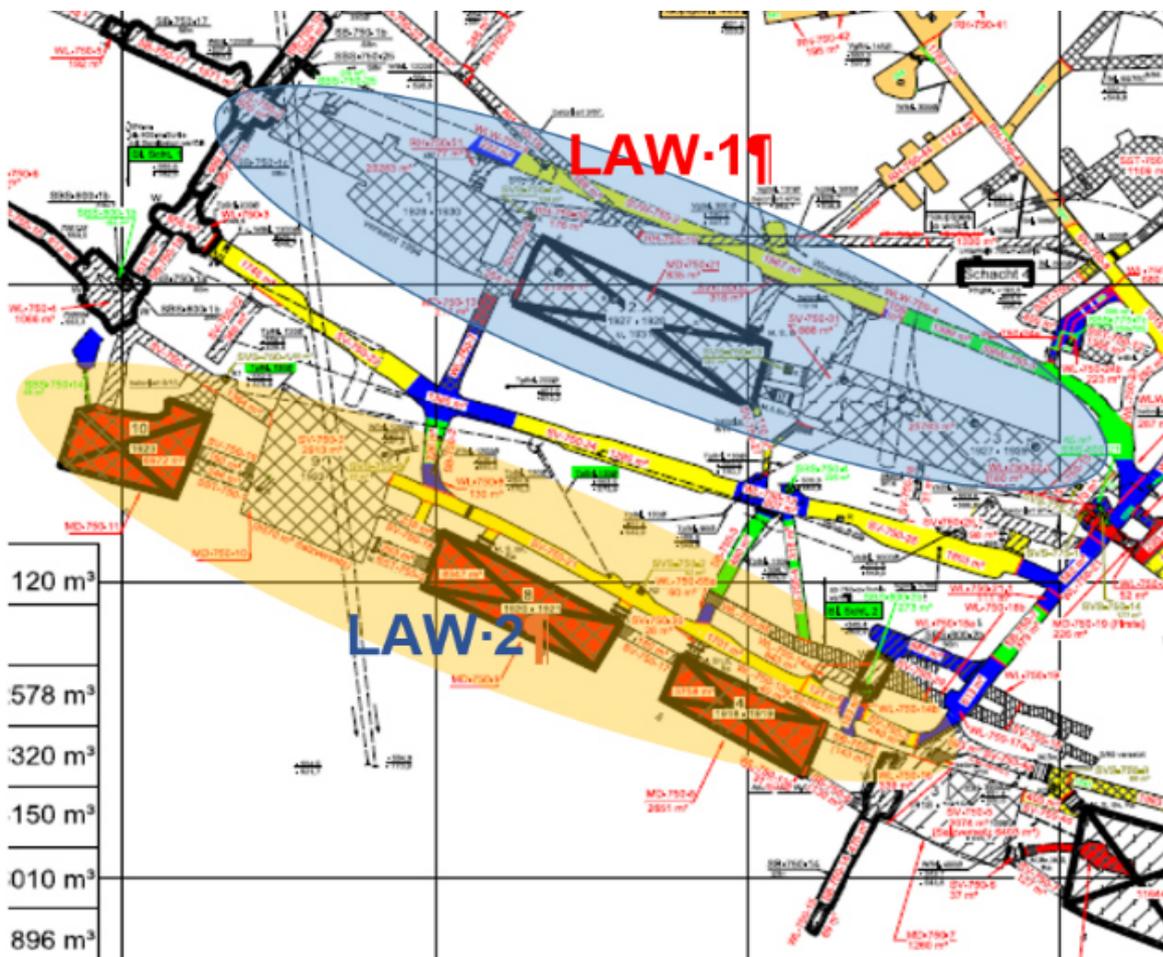


Abbildung 3: Darstellung der Einlagerungsbereiche im Bereich der 2. südlichen Richtstrecke.





Bundesamt für Strahlenschutz

## Risikoabwägung für das weitere Vorgehen im Bereich der 2. südlichen Richtstrecke nach Westen, 750-m-Sohle

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 13 von 33
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	34000000	GH	RB	0009	00	Stand: 19.04.2016

Die notwendigen vorbereitenden Arbeiten zur Verfüllung der Strecke erstrecken sich über die Erstellung von Schalungswänden, dem Nachschneiden bestimmter Streckenabschnitte, der Erstellung einer Sauberkeitsschicht bis hin zu Arbeiten zur Sicherstellung einer funktionierenden Bewirtschaftung der Lösungsfassungsstellen. Diese befinden sich sowohl innerhalb als auch außerhalb des Überwachungsbereiches. Zur Sicherstellung der Bewirtschaftung ausgewählter Lösungsfassungsstellen werden aus extra für diesen Zweck aufgefahrenen Nischen oberhalb der 700m-Sohle Bohrungen in den Firstbereich der 2sRnW750 gestoßen. Die ausgewählten Lösungsstellen werden teilweise über Sohlenschlitze miteinander verbunden und mit Sorelbetonringen an die Bohrungen angeschlossen. Die Kontrolle der Lösungsfassungsstellen und ein eventuelles Abpumpen von Lösungen erfolgt oberhalb der 700m-Sohle.

### 3 VERFÜLLUNG

Die „Verfüllung“ der 2sRnW750 dient dem Erreichen nachfolgender Zielsetzungen:

- Erreichen der bestmöglichen Schadensvorsorge (BfS 2010)
- Erhalt der Gebrauchstauglichkeit des Grubengebäudes (IfG 2009)

Die derzeit aufgrund des betrieblichen Strahlenschutzes vorhandenen Lösungsfassungsstellen werden in ihrem Status quo erhalten und die Bewirtschaftung selbst auf einen Betriebspunkt oberhalb der 700m-Sohle verlegt.

Gemäß der aktuellen Notfallplanung stellt die „Verfüllung“ der 2sRnW750 einen Teil der Vorsorgemaßnahmen dar. Damit ist sie Bestandteil aller anderen Maßnahmen zur bestmöglichen Schadensvorsorge, die bereits heute, - vor Feststellung des Notfalls -, umzusetzen sind.

Die „Verfüllung“ der 2sRnW750 umfasst das Einbringen von stützendem Versatz. Damit wird einer Auflockerung des Gebirges im Nahbereich von Strömungsbarrieren in den querschlägigen Verbindungen zwischen der 1. und 2. südlichen Richtstrecke nach Westen auf der 750m-Sohle entgegen gewirkt. Damit bildet diese Maßnahme eine wesentliche Komponente zur Realisierung des „Topfkonzeptes“. Das Konzept geht von einer hydraulischen Trennung der ELB LAW 1 und 2 aus (s. Abbildung 3). Damit wird das jeweilige geochemische Milieu in dem jeweiligen ELB prognostizierbar und damit der Quellterm modelltechnisch beschreibbar.

Gemäß dem letzten Gebirgsbeobachtungsgespräch handelt es sich bei dem umgebenden Gebirge der 2sRnW750 um einen geomechanisch stark beanspruchten und bereits in Teilen durchfeuchteten Bereich, der schnellstmöglich zu stabilisieren ist. Damit werden die Integritätseigenschaften des umgebenden Gebirges erhalten und zukünftig verbessert. Aus diesem Grund soll mit der Vorbereitung der Vollverfüllung mit stützendem Versatz 2016 begonnen werden. Die Vorlage des Sonderbetriebsplans beim LBEG erfolgte im Februar 2016.

### 4 OFFENHALTUNG

Die „Offenhaltung“ der 2sRnW750 hat zum Ziel:

- die Aufrechterhaltung der Kontrollmöglichkeit im Sohlbereich der Strecke,



Bundesamt für Strahlenschutz

## Risikoabwägung für das weitere Vorgehen im Bereich der 2. südlichen Richtstrecke nach Westen, 750-m-Sohle

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 14 von 33 Stand: 19.04.2016
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	34000000	GH	RB	0009	00	

- die Verbesserung des Systemverständnisses und
- ein Überstauen der Abfälle mit Lösung zu verhindern.

Die Umsetzbarkeit und technischen Erfordernisse sowie die Möglichkeiten der „Offenhaltung“ wurden mit (BfS 2015) untersucht. Die Standfestigkeit des Ausbaus ist zeitlich begrenzt.

Zur Vermeidung von Kontaminationsverschleppungen, wird die in den Sümpfen der 2sRnW750 anstehende Lösung gefasst und zur Gewährleistung des betrieblichen Strahlenschutzes kontrolliert. Die „Offenhaltung“ dieses Streckenabschnitts bedingt und ermöglicht die Aufrechterhaltung dieser Kontrollmöglichkeit der teilweise kontaminierten Lösungen. Bestehende Zeitreihen der Beobachtungen der Menge und des Chemismus können weiter fortgeschrieben werden. Dies führt zu einer stetigen Verbesserung des Systemverständnisses und dadurch zum Abbau von Ungewissheiten.

Den vorhandenen Bewegungen des Gebirges wird mit Maßnahmen der Stabilisierung, bevorzugt durch Verfüllen von Hohlräumen, entgegengewirkt. Dennoch ist auch weiterhin von einem sich stetig verändernden System an Klüften und Wegsamkeiten für Lösungen auszugehen. Somit ist auch von einer Veränderung der Zutrittsstellen in der 2sRnW750 auszugehen. Um weiterhin den Anforderungen des betrieblichen Strahlenschutzes Rechnung tragen zu können, ist bei „Offenhaltung“ der Strecke auch eine Anpassung des Fassungsregimes an sich ändernde Fließbedingungen vorzusehen. Die Kontrollmöglichkeit wird aufrechterhalten.

Für die Dauer einer „Offenhaltung“ der 2sRnW750 sind anfallende Lösungen an bestehenden oder neu zu schaffenden Sümpfen abzupumpen. Experten der AGO thematisieren eine Gefahrenlage für das Vorhaben der Rückholung von Abfällen aus der Schachanlage Asse II, die durch einen Salzlösungsanstieg innerhalb der Einlagerungskammern gegeben sei. Dabei wird von einer umfassend hydraulisch wirksamen Verbindung zwischen den Sümpfen und benachbarter ELK auf der 750m-Sohle ausgegangen. Können bestehende Salzlösungsfassungen nicht wie vorgesehen weiter abgepumpt werden oder ergibt sich die Notwendigkeit anderer Sumpfpositionen aufgrund sich verändernder Fließwege, besteht die Möglichkeit das Abfallgebände oder Abfälle durchfeuchtet werden. Die Rückholungstechnik müsste das Bergen durchfeuchteter Abfälle ermöglichen. Die Menge an kontaminiertem Versatz könnte sich erhöhen. Um dieser Gefahrensituation entgegen zu wirken, wird seitens der A2B / AGO die „Offenhaltung“ der 2sRnW750 gefordert.

Die Vorsorgemaßnahmen der Notfallplanung sehen eine „Verfüllung“ der 2sRnW750 und benachbarter Streckensysteme unterhalb von 700 m vor. Es muss eine Zugänglichkeit zur 2sRnW750 erhalten bleiben, die entweder über eine teilweise oder vollständig offen bleibende Streckenanordnung ermöglicht oder über eine Zugänglichkeit über ein Rolllochsystem hergestellt wird.

Bei einer Zugänglichkeit über Strecken ist abzuwägen, ob die Befahrbarkeit auch für größere Geräte erhalten bleiben muss oder die Zugänglichkeit für Personenbefahrung ausreichend ist. Ein Zugang für Maschinenteknik muss zwar einen größeren Querschnitt über ein umfangreiches Streckensystem bis zur 700m-Sohle ermöglichen, für die regelmäßig erforderlichen Nachschnittarbeiten zur Aufrechterhaltung der Zugänglichkeit sowie zum Erhalt der Stützwirkung des Streckenausbaus oder Maßnahmen zum Erhalt der Pfeilerintegrität kann jedoch auf vorhandene Maschinenteknik zurückgegriffen werden. Die Befahrbarkeit für Maschinenteknik hat somit einen klaren Vorteil im Vergleich der Zugänglichkeit für Personenbefahrung (siehe BfS 2015).



Bundesamt für Strahlenschutz

## Risikoabwägung für das weitere Vorgehen im Bereich der 2. südlichen Richtstrecke nach Westen, 750-m-Sohle

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 15 von 33
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	34000000	GH	RB	0009	00	Stand: 19.04.2016

Bei einer „Offenhaltung“ sind grundsätzliche Umsetzungsänderungen der Notfall- und Vorsorgemaßnahmen der Notfallplanung erforderlich. Ein Teil der bislang im Rahmen der Vorsorgemaßnahmen zu errichtenden Strömungsbarrieren und Streckenverfüllungen sind im Rahmen der Notfallmaßnahmen einzuplanen. Der Realisierungszeitraum dieser Maßnahmen von derzeit 3 Jahren wird maßgeblich verlängert werden. Wieviel Zeit für die Realisierung der Notfallmaßnahmen tatsächlich zur Verfügung steht, ist nicht vorhersagbar. Die Wahrscheinlichkeit steigt, dass die Notfallmaßnahmen nicht abgeschlossen oder nicht mit der geforderten Qualität hergestellt werden können. Die bestmögliche Schadensvorsorge wäre somit nur eingeschränkt darstellbar.

Mit Beginn der Rückholung und dem damit verbundenen Öffnen der Einlagerungskammern sind die Zielstellungen einer „Offenhaltung“ der 2sRnW750 nicht mehr gegeben. Es besteht die Möglichkeit, dass der eingebaute Stahlausbau nicht vollumfänglich rückgebaut werden kann. Dieser Sachverhalt ist bei der Modellierung gasbildender Stoffe zu berücksichtigen. Zudem kann der Stahlausbau die Streckenführung bei der Rückholungsplanung beschränken. Das Durchfahren eines Stahlausbaus ist mit zusätzlichem Zeit- und Kostenaufwand verbunden.

Mit ausführungsfähiger Planung der Rückholung von Abfällen aus den benachbarten ELK sollte entschieden werden, ob offen gelassene Bereiche zur Umsetzung der Notfallplanung verfüllt bzw. Barrierebauwerke vollständig oder abschließend errichtet werden.

## 5 METHODIK

### 5.1 WICHTUNGSSYSTEMATIK

Die sich aus der „Offenhaltung“ oder der „Verfüllung“ der 2sRnW750 ergebenden Risiken und Chancen, werden sowohl hinsichtlich der vom jeweiligen Vorgehen abhängigen Ziele (z. B. Kontrolle, Systemverständnis, Fassungskapazität) als auch bezüglich der allgemeinen Zielstellungen (bestmögliche Schadensvorsorge, keine Behinderung der Rückholung, Betriebssicherheit) bewertet. Dazu wird einerseits analysiert, mit welchen Konsequenzen das Nichterreichen eines Ziels bei bestimmten Systementwicklungen verbunden ist und andererseits bewertet, ob sich Chancen hinsichtlich einer Konsequenzenminimierung ergeben können.

Die Bewertung der Risiken erfolgt durch die Prüfung auf Erreichbarkeit der Ziele. Dabei ist zwischen den übergeordneten Zielen (s. Kapitel 1.2):

- Stilllegung
- Rückholung
- Offenhaltungsbetrieb

und den untergeordneten Zielen (s. Kapitel 3 und 4), die von der noch festzulegenden Vorgehensweise abhängig sind, zu unterscheiden.

Verfüllung:

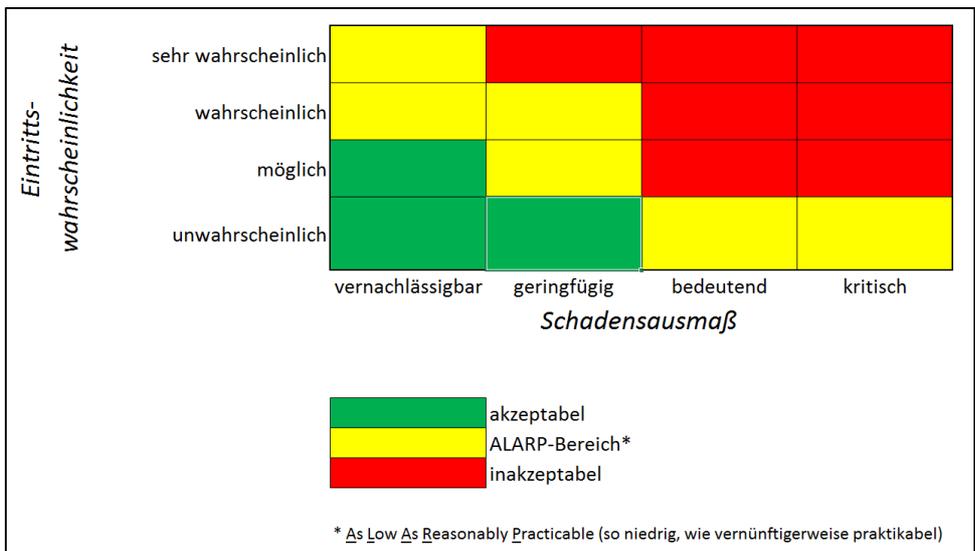
- Erreichen der bestmöglichen Schadensvorsorge
- Erhalt der Gebrauchstauglichkeit des Grubengebäudes

Offenhaltung:

- Aufrechterhaltung der Kontrollmöglichkeit im Sohlbereich der Strecke

- Verbesserung des Systemverständnisses
- Überstauen der Abfälle verhindern

Für die sicherheitsgerichtete Abwägung von Risiken, die sich aus der „Offenhaltung“ und „Verfüllung“ der 2sRnW750 ergeben, wird eine sicherheitsorientierte Wichtung der Risiken im ALARP- Bereich vorgenommen (s. Abbildung 5). Die Wichtung erfolgt durch „expert judgement“.



Die übergeordneten Ziele wie sichere Stilllegung, Rückholung und Betriebssicherheit werden mit „hoch“ und die untergeordnete Ziele der „Offenhaltung“ und „Verfüllung“ der 2sRnW750 mit „niedrig“ gewichtet. Vernachlässigbare Risiken oder inakzeptable Risiken bedürfen keiner Wichtung.

Abbildung 5: Risikograph.

## 5.2 BERÜCKSICHTIGTE SZENARIEN UND SYSTEMENTWICKLUNGEN

Um die im Rahmen der Risikoabwägung identifizierten Einzelrisiken in ihrer Wechselwirkung zueinander bewerten zu können, ist eine Beschreibung der damit verbundenen Szenarien und Systementwicklungen von entscheidender Bedeutung.

Das Gesamtsystem der Schachtanlage Asse II ist aufgrund seiner Vorgeschichte als ehemaliges Gewinnungsbergwerk sehr komplex und in seinen Eigenschaften nicht eindeutig beschreibbar. Die vorhandenen Kenntnisse zum Grubengebäude, den geologischen Verhältnissen und die Ergebnisse aus den langjährigen Beobachtungsmessungen sowie die Fortschritte in der Modellierungstechnik verbessern jedoch fortlaufend das Systemverständnis. Durch die Realisierung verschiedener Maßnahmen lassen sich die ablaufenden Prozesse innerhalb der Grube beeinflussen. Es ist jedoch nicht jede Maßnahme für jede Entwicklung gleichermaßen relevant. Aus diesem Grund soll bei der Risikoabwägung dargestellt werden, welche Relevanz die „Offenhaltung“ bzw. „Verfüllung“ der 2sRnW750 in Abhängigkeit von unterschiedlichen Systementwicklungen hat.

Grundsätzlich stellt der Zutritt von Deckgebirgslösung in einem Salzbergwerk eine der wichtigsten Randbedingungen dar, die Einfluss auf das zukünftige Systemverhalten hat. Bis heute existieren keine eindeutigen Kenntnisse zu Frühindikatoren, die eine Prognose zum Verlauf der Lösungszutrittsentwicklung erlauben. Die Auswertung von Deckgebirgzzutrittsentwicklungen in Salzbergwer-

				<b>Risikoabwägung für das weitere Vorgehen im Bereich der 2. südlichen Richtstrecke nach Westen, 750-m-Sohle</b>			
<b>Bundesamt für Strahlenschutz</b>						Seite: 17 von 33	
Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Stand: 19.04.2016	
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		
9A	34000000	GH	RB	0009	00		

ken weist sehr unterschiedliche Verlaufsszenarien aus. Deshalb sollen für die hier bestehende Fragestellung unterschiedliche erwartete Systementwicklungen (Szenarien) in Abhängigkeit vom Zeitpunkt eines notfallauslösenden Anstiegs der Zutrittsrate betrachtet werden. Als Bezugsgröße werden hierbei der Status der Rückholung und der Vorsorgemaßnahmen verwendet.

Aufgrund der hohen Systemvariabilität ist die Anzahl an unterschiedlichen Szenarien sehr groß. Die Auswahl der relevanten Szenarien erfolgte durch „expert judgement“. Dabei wurden die Szenarien ausgewählt, die von den Auswirkungen der „Offenhaltung“ oder der „Verfüllung“ der 2sRnW750 maßgeblich betroffen sind.

1. Systementwicklung ohne Anstieg des Lösungszutritts
  - a. Rückholung der Abfälle erfolgt planmäßig (Verbleib von Restkontamination)
  - b. Rückholung ist aus sonstigen sicherheitlichen Gründen abubrechen (Abfälle verbleiben in der Schachanlage)
2. Systementwicklung mit Anstieg des Lösungszutritts (AÜL)
  - a. AÜL vor Abschluss der Vorsorgemaßnahmen der Notfallplanung
  - b. AÜL nach Herstellung der Notfallbereitschaft, aber vor Beginn der Rückholung
  - c. AÜL nach Herstellung der Notfallbereitschaft, aber während der Rückholung
  - d. AÜL nach Herstellung der Notfallbereitschaft und nach der Rückholung, aber während der Stilllegung

Eine zusätzliche Unterscheidung von möglichen Zutrittsorten und die daraus resultierenden Szenarien werden für die Entscheidungsfindung zum weiteren Vorgehen im Bereich der 2sRnW750 für nicht relevant eingestuft.

- zu 1.) Für die Entwicklungen, bei denen kein AÜL eintritt, ist hinsichtlich einer Risikobewertung die Bewertung des verbleibenden stofflichen Inventars zu berücksichtigen. Bei der „Offenhaltung“ ist davon auszugehen, dass die Stahlausbauten auch nach der späteren Stilllegung in der Anlage verbleiben werden. Im Fall 1a, bei dem die Rückholung bis auf verbleibende Restkontaminationen durchgeführt wird, ist diese Randbedingung bei der Bewertung von grundwasserrelevanten Stoffen zu berücksichtigen. Beim Fall 1b, bei dem Abfall in der Grube verbleibt, ist zusätzlich die Gasbildung durch den korrodierenden Stahlausbau<sup>1</sup> zu betrachten. Aufgrund der negativen Auswirkungen, sollte die Menge an gasbildenden Stoffen möglichst begrenzt bleiben, da dadurch der Stofftransport in die Biosphäre beschleunigt wird.
- zu 2.) Der Eintrittszeitpunkt eines AÜL ist nicht vorhersagbar. Die in Verbindung mit der 2sRnW750 zu betrachtenden Risiken stehen in direktem Zusammenhang mit dem Realisierungsgrad der Vorsorgemaßnahmen zum Zeitpunkt des AÜL. Zu Beginn des Notfalls ist nicht klar, wieviel Zeit für die Durchführung von Maßnahmen zur Verfügung stehen wird. Es ist davon auszugehen, dass für den Fall 2a, bei dem die Notfallbereitschaft noch nicht hergestellt werden

<sup>1</sup> Es wird zunächst davon ausgegangen, dass der Rückbau des für die „Offenhaltung“ notwendigen Stahlausbaus nicht erfolgt. Technische Möglichkeiten des Rückbaus sind existent. Deren Machbarkeit kann derzeit nicht sicher unterstellt werden.



Bundesamt für Strahlenschutz

## Risikoabwägung für das weitere Vorgehen im Bereich der 2. südlichen Richtstrecke nach Westen, 750-m-Sohle

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 18 von 33 Stand: 19.04.2016
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	34000000	GH	RB	0009	00	

konnte, das Risiko von radiologischen Auswirkungen sehr hoch einzustufen ist. Die Auswirkungen einer unqualifizierten Verfüllung von Zugangsbereichen zur 2sRnW750 hätten zwar einen Einfluss, deren Wirkung in Abhängigkeit vom Realisierungsgrad der sonstigen Vorsorgemaßnahmen nicht beschreibbar ist.

Im Unterschied dazu, hat die „Offenhaltung“ oder „Verfüllung“ für die Szenarien, die sich aus dem Fall 2b ergeben, bei denen die (sonstige) Notfallbereitschaft planmäßig hergestellt ist, die Rückholung aber noch nicht begonnen hat, maßgeblichen Einfluss auf die Risikobewertung. Der Fall 2b wird deshalb als Referenzszenario herangezogen.

Für die Fälle 2c und 2d ist davon auszugehen, dass die Zielstellungen der „Offenhaltung“ durch das Öffnen der Einlagerungskammern obsolet werden und die Strecke somit verfüllt wird. Diese Fälle werden nicht betrachtet.

### 5.3 IDENTIFIKATION, BEWERTUNG UND BERÜCKSICHTIGUNG VON RISIKEN

Wie in den Kapiteln 3 und 4 beschrieben, werden mit der vorgeschlagenen „Offenhaltung“ und „Verfüllung“ der 2sRnW750 mehrere über- und untergeordnete Zielstellungen verfolgt. Die jeweiligen Ziele sind kompatibel mit dem Gesamtziel einer sicheren Stilllegung der Schachanlage Asse II.

Ein Risiko ist definiert durch die Risikoeintrittswahrscheinlichkeit multipliziert mit dem Schadensausmaß (Konsequenzen) durch das Nichterreichen eines Ziels für das gewählte Szenario aus Kapitel 5.2. Im Diskurs werden Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensausmaß für ein Risiko qualitativ abgeschätzt. Dies gilt auch für die Wichtung von Einzelrisiken gemäß Kapitel 5.1.

Die Kategorien für die Eintrittswahrscheinlichkeit sind:

- sehr wahrscheinlich
- wahrscheinlich
- möglich
- unwahrscheinlich

Bei der Kategorisierung des Schadensausmaßes spielt die Einschätzung der zu erwartenden Konsequenzen bei Eintreten des Risikos die maßgebliche Rolle. Absehbare Konsequenzen bei Eintritt eines Risikos, die negative Auswirkungen auf das Gesamtziel der sicheren Stilllegung haben, sind von besonderer Bedeutung.

Die Schadensausmaßklassen sind:

- kritisch
- bedeutend
- geringfügig
- vernachlässigbar

Für eine qualifizierte Risikoabwägung ist die zusätzliche Ausweisung von möglichen Präventions- und Kompensationsmaßnahmen von besonderer Bedeutung. Präventionsmaßnahmen werden zur



Bundesamt für Strahlenschutz

## Risikoabwägung für das weitere Vorgehen im Bereich der 2. südlichen Richtstrecke nach Westen, 750-m-Sohle

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 19 von 33
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	34000000	GH	RB	0009	00	Stand: 19.04.2016

Vermeidung oder Verringerung der Eintrittswahrscheinlichkeit und / oder des zu erwartenden Schadensausmaß eines Risikos in Erwägung gezogen. Kompensationsmaßnahmen dienen der Minimierung der Auswirkungen eines Risikoeintritts.

Risiken, welche unter Berücksichtigung von Präventions- und Kompensationsmaßnahmen im akzeptablen Bereich liegen, gehen in die sicherheitsgerichtete Risikoabwägung nicht mit ein. Risiken der „Offenhaltung“ und „Verfüllung“ der 2sRnW750, welche unter Berücksichtigung von Präventions- und Kompensationsmaßnahmen im ALARP- Bereich liegen, werden gegeneinander abgewogen. Risiken, welche unter Berücksichtigung von Präventions- und Kompensationsmaßnahmen im inakzeptablen Bereich liegen, geben keinen Handlungsspielraum für eine Abwägung, sondern sind prinzipiell abzustellen. Kann dies nicht erreicht werden, so ist das gesamte Vorhaben oder das jeweilige Teilvorhaben als „hoch risikobehaftet“ auszuweisen und zu behandeln. Nach atomrechtlichen Grundsätzen führt dies zum Ausschluss der jeweiligen Umsetzungsoption der „Offenhaltung“ oder „Verfüllung“ der 2sRnW750.

## 6 ERGEBNISSE

Entsprechend der im Kapitel 5 beschriebenen Methodik werden nachfolgend die Ergebnisse detailliert beschrieben. Bei den Diskussionen zur Wichtung von Risiken hat sich gezeigt, dass es eine besondere Schwierigkeit darstellt, diese losgelöst vom jeweiligen fachlichen Hintergrund vorzunehmen. Aus diesem Grund werden im Kapitel 6.1 die Diskussionsschwerpunkte zu den Zielstellungen genannt, um die darauf aufbauende Gewichtung der Risiken nachvollziehen zu können.

### 6.1 GEWICHTUNG VON ZIELEN

Nachfolgend werden die diskussionswürdigen Zielstellungen der „Offenhaltung“ und der „Verfüllung“ der 2sRnW750 bewertet. Dabei wird einerseits diskutiert, inwieweit relevante Zielstellungen auch einen nachweislichen Beleg erfordern und andererseits erfolgt eine fachliche Bewertung, ob die geplanten Maßnahmen geeignet sind, um diesen geforderten Beleg zu erbringen.

#### Zielstellung „Kontrollmöglichkeit“:

Hinsichtlich der Kontrolle eines Anstiegs der Zutrittsmengen ist die Lösungsfassung in der 2sRnW750 (sowohl Status quo als auch „Offenhaltung“) nur bedingt geeignet und durch einfachere Pegelmessungen ersetzbar, die sich im Falle eines notfallauslösenden Anstiegs der Zutrittsrate kurzfristig qualifiziert verschließen ließen.

Ähnlich verhält es sich mit der Möglichkeit, die Zusammensetzung der gefassten Lösungen zu untersuchen. Die derzeitige Untersuchungspflicht resultiert aus der Tatsache, dass die Strecke noch befahren wird und somit aus Gründen des betrieblichen Strahlenschutzes zur Vermeidung von Kontaminationsverschleppungen zu überwachen ist. Für eine weiterführende belastbare Kontrolle hinsichtlich Indikatoren für einen bevorstehenden Anstieg der Zutrittsmengen aus dem Deckgebirge ist diese Lokation nicht geeignet. Hier würde sich eine Kontrolle im Bereich der Hauptlösungsfassungsstelle (Abbau 3, 658-m-Sohle) besser eignen, um belastbare Informationen zu erhalten und bei Bedarf die erforderlichen Maßnahmen einzuleiten.



Bundesamt für Strahlenschutz

## Risikoabwägung für das weitere Vorgehen im Bereich der 2. südlichen Richtstrecke nach Westen, 750-m-Sohle

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 20 von 33 Stand: 19.04.2016
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	34000000	GH	RB	0009	00	

Bei der Lösungsfassung von der 750-m-Sohle im Bereich der Einlagerungskammern kann z.B. ein erhebliches Risiko darin bestehen, dass größere Mengen an kontaminierter Salzlösung gefasst werden müssen. Der Umgang mit diesen Lösungen ist allerdings sehr begrenzt, so dass der Notfall auszurufen ist und die Rückholung abubrechen wäre.

### Zielstellung „Vermeidung der Vernässung von Abfällen in den ELK“

Bei der Zielstellung „Vermeidung der Vernässung von Abfällen in den ELK“ wird davon ausgegangen, dass die Lösungsfassungsstellen über die in der Streckensohle und in der Umgebung der Kammern vorhandene Auflockerungszone hydraulisch mit den in den Einlagerungskammern vorhandenen Lösungen in Verbindung stehen. Die Tatsache, dass insgesamt in drei Lösungsfassungsstellen (s. Kapitel 2.3) radiologisch relevante Salzlösungen gefasst werden, weist auf eine hydraulische Verbindung zu ELK hin. Ob diese Verbindung mit der unmittelbar benachbarten ELK besteht, ist nicht nachgewiesen. Es besteht die Möglichkeit, dass eine Verbindung zwischen einer Lösungsfassungsstelle und einer weiter davon entfernten ELK z.B. über ein Migrationspfad entlang der Streckensohle zu erklären ist. Zudem ist das Verhältnis zwischen der Anzahl an Lösungsfassungsstellen in der unmittelbaren Nachbarschaft zu einer ELK und einer durchschnittlichen ELK- Grundfläche von ca. 1000m<sup>2</sup> ein wesentliches Indiz, dass keine nennenswerte Drainagewirkung vorhanden ist. Für eine nachweisliche „Drainage“ sind umfangreiche technische Maßnahmen erforderlich. Die Gewährleistung einer „Drainage“ der Kammersysteme über außerhalb der Kammer liegende Fassungsstellen ist technisch nicht darstellbar. Aufgrund dessen muss die Planung der Rückholung durchfeuchtete Abfälle berücksichtigen.

### Zielstellung „Erhalt des Status quo“

Zum Erhalt des Status quo der Lösungsfassung sollen die Fassungsstellen auf Betriebspunkte oberhalb der 700m-Sohle verlagert werden. Die Lösungsfassung sowie das Kontrollieren der Lösungsmenge und dessen Zusammensetzung können nur solange erfolgen, wie die Fassungsstelle an das hydraulische System der Zutrittsstelle angeschlossen ist. Da der Bereich der 2sRnW750 keine homogenen Spannungsverhältnisse aufweist, ist dieser Gebirgsbereich ständigen Deformationen ausgesetzt. Damit einhergehend können sich die Fließwege in diesem Bereich jederzeit ändern. Das ist ein Prozess, der bereits abläuft und der auch nach einer „Verfüllung“ der Strecke weiter ablaufen wird. Dadurch, dass die an die 2sRnW750 angrenzenden Einlagerungskammern keinen relevanten Versatzwiderstand aufweisen, werden sich die Pfeilerbereiche weiterhin verformen und somit wird weiterhin mit Fließwegänderungen zu rechnen sein. Demnach kann sich die Zielstellung des Erhalts des Status quo lediglich auf das Messsystem, nicht jedoch auf die planmäßige Fassung von Zutrittslösungen aus den Kammern beziehen.

Die ursprüngliche Zielstellung der Lösungsfassung, die den betrieblichen Strahlenschutz betraf, entfällt mit dem Verfüllen und Abwerfen der Grubenbaue auf der 750m-Sohle.

Für den Fall, dass bei einer „Verfüllung“ der 2sRnW750 die Erhaltung der Funktionsfähigkeit der bestehenden Lösungsfassungsstellen erfolgen soll (Erhalt Status quo), resultiert eine zusätzliche Anforderung für die Notfallplanung. Diese besteht darin, dass die offenen Hohlräume nach Eintritt des Notfalls verfüllt werden müssen.



Bundesamt für Strahlenschutz

## Risikoabwägung für das weitere Vorgehen im Bereich der 2. südlichen Richtstrecke nach Westen, 750-m-Sohle

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 21 von 33 Stand: 19.04.2016
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	34000000	GH	RB	0009	00	

### Zielstellung „erforderliche / bestmögliche Schadensvorsorge“

Gemäß AtG ist der Betreiber verpflichtet, die erforderliche Schadensvorsorge gemäß Stand von Wissenschaft und Technik zu gewährleisten. Aus Sicht des Projekts sollten aus diesem Grund die geplanten Vorsorge- und Notfallmaßnahmen einer regelmäßigen Evaluierung unterzogen werden.

Die bestmögliche Schadensvorsorge ist auf die Szenarien auszulegen, bei denen Abfälle in der Grube verbleiben müssen und die Wirksamkeit der realisierbaren Notfallmaßnahmen zum Tragen kommt. Die vorliegenden Modellierungsergebnisse aus radiologischen Konsequenzenanalysen () lassen den Schluss zu, dass mit der qualitätsgerechten Durchführung der gesamten Notfallplanung für den Fall eines Verbleibs von Abfällen in der Grube für die SchachtanlageASSE II die bestmögliche Schadensvorsorge für die Nachbetriebsphase erreicht werden kann.

Die Vorsorgemaßnahmen bestehen dabei im Wesentlichen aus Stabilisierungs- und Abdichtmaßnahmen zum Einschluss der ELK, sodass das sogenannte „Topfkonzept“ wirksam ist. Für die Herstellung der „Notfallbereitschaft“ werden dann noch Bohrungen erstellt, die im Falle eines Notfalls das schnellstmögliche Notverfüllen der ELK mit Baustoff (Mg- Depot) und eine Flutung mit einer an  $MgCl_2$ -gesättigten Lösung (R-Lösung) ermöglichen.

Unter Berücksichtigung der Kenntnisse aus den Modellrechnungen zur Radionuklidenausbreitung lässt sich schließen, dass die qualifizierte Realisierung des Mg- Depots (Einbringen von Brucit-Mörtel in die noch verbliebenen Hohlräume in den ELK) eine wesentliche Voraussetzung für belastbare Bewertungen der möglichen Konsequenzen im Falle eines Verbleibs von Abfällen in der Schachtanlage ist.

### Zielstellung „Machbarkeit der Rückholung“

Es gibt mindestens eine Einlagerungskammer (ELK 8/750) bei der davon auszugehen ist, dass die Abfälle sich in einem feuchten Milieu befinden. Aus diesem Grund sind die Randbedingungen für die Rückholungsplanung diesbezüglich offen gehalten, so dass der Planer sowohl für feuchte und nasse Verhältnisse in den Kammern als auch für mehr oder weniger trockene Verhältnisse geeignete Methoden bereitstellen muss.

### Zielstellung „Prognosegüte“

Die Bewertung von Risiken ist größtenteils eng mit dem vorhandenen Kenntnisstand und den bereits gemachten Erfahrungen verbunden. Die Schaffung klarer Verhältnisse und Randbedingungen und der damit einhergehende Abbau von Ungewissheiten können einen wesentlichen Einfluss auf die subjektive Bewertung von Risiken haben.

Je klarer die Verhältnisse sind, umso belastbarere Aussagen können über mögliche Entwicklungen und Auswirkungen in der Zukunft gemacht werden. Auch für die Planungen technischer Maßnahmen sind eindeutige (schlechtere) Randbedingungen besser zu kalkulieren als ungewisse („best estimate“) Randbedingungen.

## 6.2 RISIKEN

Die gemäß Kapitel 5.3 identifizierten Risiken sind im Anhang 1 für die „Offenhaltung“ und im Anhang 2 für die „Verfüllung“ tabellarisch aufgelistet. Erste Überlegungen zu möglichen Präventions-



Bundesamt für Strahlenschutz

**Risikoabwägung für das weitere Vorgehen  
im Bereich der 2. südlichen Richtstrecke  
nach Westen, 750-m-Sohle**

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.		Seite: 22 von 33
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		
9A	34000000	GH	RB	0009	00		Stand: 19.04.2016

und Kompensationsmaßnahmen sind ebenfalls enthalten. Nachfolgende Tabelle 1 beinhaltet eine Liste mit den Risiken, die für die „Offenhaltung“ identifiziert wurden und die Tabelle 2 eine Liste mit den Risiken, die bei der „Verfüllung“ zu betrachten sind.

Tabelle 1: Risikoliste der „Offenhaltung“.

Lfd. Nr.	Risiken der „Offenhaltung“
RO01	Durch Übertragung von Maßnahmen der Vorsorge in die Notfallmaßnahmen müssen im dann zur Verfügung stehenden Zeitrahmen mehr Maßnahmen umgesetzt werden. Somit besteht das Risiko, dass die Arbeiten nicht mehr vollständig umgesetzt werden.
RO02	Erforderliche Aktivitäten im Notfall werden umfangreicher, bei gleichzeitiger Zunahme der Komplexität der Maßnahmen. Hierdurch besteht das Risiko, dass nicht alle notwendigen Betriebspunkte eingerichtet werden können.
RO03	Mindere Qualität der Ausführung zusätzlicher Maßnahmen im Notfall
RO04	Unzureichende hydraulische Trennung der ELK vom übrigen Grubengebäude durch nicht fertiggestellte Strömungsbarrieren.
RO05	Entfestigung der Firste und Stöße in der 2sRnW750 und die Gefahr von Schwebendurchbrüchen in den ELK aufgrund von fortschreitenden Integritätsverlusten und den damit einhergehenden Migrationsmöglichkeiten für kontaminierte Salzlösungen in die Umgebung der ELK. Somit besteht das Risiko, dass die Rückholung maßgeblich erschwert wird.
RO06	Verlagerung/Neubildung von Migrationspfaden
RO07	Verschleppung von Kontamination.
RO08	Beeinflussung der Randbedingungen für die Rückholung
RO09	Zu frühes Auslösen des Notfalls

Tabelle 2: Risikoliste der „Verfüllung“.

Lfd. Nr.	Risiken der „Verfüllung“
RV01	Ausfall von Lösungsfassungsstellen / Technikversagen
RV02	Durch die Vernässung von Abfällen in den ELK besteht das Risiko, dass sich das zurückzuholende Abfallvolumen vergrößert und sich die Anforderungen an die Bergetechnik erhöhen

 Bundesamt für Strahlenschutz				<b>Risikoabwägung für das weitere Vorgehen          im Bereich der 2. südlichen Richtstrecke          nach Westen, 750-m-Sohle</b>			
Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 23 von 33	
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		
9A	34000000	GH	RB	0009	00		Stand: 19.04.2016

Lfd. Nr.	Risiken der „Verfüllung“
RV03	Ein Versiegen der Lösungsfassungsstellen deutet auf eine Veränderung des Fließregimes von Salzlösungen hin. Es besteht das Risiko, dass das Monitoring nicht auf die neuen Verhältnisse ausgerichtet werden kann und Informationen für einen sicheren Betrieb oder das Erkennen eines Notfalls fehlen können

### 6.3 AUSWIRKUNGEN

Nachfolgend werden die in Betracht zu ziehenden Auswirkungen der Umsetzung der „Verfüllung“ und „Offenhaltung“ der 2sRnW750 zusammengefasst:

#### Auswirkungen der „Verfüllung“:

- Verbesserung der gebirgsmechanischen Situation
- Beitrag zur frühestmöglichen Notfallbereitschaft
- Bauwerke der Notfallvorsorge werden mit geplanter Qualität errichtet
- Schaffung definierter Randbedingungen für die Auffahrung neuer Kammerzugangsstrecken für die Rückholung
- Lösungsfassung und Monitoring wird entsprechend des heutigen Status quo weitergeführt
- Kein Erkennen von neuen Lösungszutrittsstellen und keine Reaktion bei veränderten Fließwegen möglich

#### Auswirkungen der „Offenhaltung“:

- Fassung, Kontrolle und Dokumentation der austretenden Lösung im zugänglichen Bereich
- Anpassung des Fassungsregimes bei Änderung der Migrationspfade
- Ggf. Einbau gasbildender Stoffe (Stahlausbau)
- Verlagerung von heutigen Vorsorgemaßnahmen in den Bereich zukünftiger Notfallmaßnahmen
- Qualitätsunterschiede bei den Baumaßnahmen im Notfall (Gefahrenabwehr)
- Freiheitsgrade bei der Anordnung (Zulegung) der Kammerzugangsstrecken für die Rückholung durch Nutzung der 2sRnW750 eingeschränkt
- Stützwirkung des Streckenausbaus zeitlich limitiert

### 6.4 UNGEWISSHEITEN

Sowohl für die „Verfüllung“ als auch für die „Offenhaltung“ verbleiben auf Grundlage des aktuellen Kenntnisstandes Ungewissheiten zur Situation im Bereich der 2sRnW750. Da diese vom weiteren Vorgehen unabhängig sind, werden sie bei der folgenden Risikoabwägung nicht einbezogen.

				<b>Risikoabwägung für das weitere Vorgehen im Bereich der 2. südlichen Richtstrecke nach Westen, 750-m-Sohle</b>			
Bundesamt für Strahlenschutz							
Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 24 von 33	
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		
9A	34000000	GH	RB	0009	00	Stand: 19.04.2016	

Verbleibende variantenunabhängige Ungewissheiten:

- Dauer der Gebrauchstauglichkeit einer offenstehenden Strecke
- Genauer Migrationsweg der gefassten Lösungen
- Entwicklung der Menge der zutretenden Lösung
- Anteil der gefassten Lösung im Vergleich zur zutretenden Lösung
- Entwicklung der fassbaren Lösungsmenge
- Veränderungen bei den Migrationswegen
- Entwicklung der Lösungszusammensetzungen
- Entwicklung des Lösungspegels bzw. der Sättigung des Porenraums innerhalb der Kammern
- Zustand der Abfallbinde
- Zeitpunkt zum Auslösen eines „Notfalls“
- Nachweisliche Trockenlegung der Abfälle bzw. der ELK

Bei der Abwägung von Risiken der „Offenhaltung“ und der „Verfüllung“ ist zu berücksichtigen, dass Ungewissheiten häufig zu Extremeinschätzungen bei der Bewertung von Risiken führen. Dies erschwert eine sachliche Diskussion. Der Abbau von Ungewissheiten ist prioritär zu verfolgen, findet aktuell jedoch seine Grenzen in der Machbarkeit und Umsetzbarkeit.

## 6.5 ABWÄGUNG

Die Risikoabwägung basiert auf Kriterien, die sich aus den im Kapitel 6.3 beschriebenen Auswirkungen beider Vorgehensweisen ergeben:

- Gebirgsmechanik
- Betrieblicher Strahlenschutz, Kontaminationsverschleppung
- Radiologische Auswirkungen infolge eines AÜL (bestmögliche Schadensvorsorge)
- Prognosegüte (Abbau von Ungewissheiten)
- Früherkennungsmöglichkeiten eines Notfalls
- Einfluss auf die Rückholung
- Wirtschaftlichkeit

Die Gewährleistung der Arbeitssicherheit hat bei allen in Frage kommenden Tätigkeiten oberste Priorität wird stets vorausgesetzt. Im Gegensatz dazu ist das Kriterium „Wirtschaftlichkeit“ bei sicherheitsgerichteten Fragestellungen nachgeordnet.

Zur Veranschaulichung der Ergebnisse der Risikobewertung in den Anhängen 2 und 3 werden diese in einem Risikograph dargestellt. Ohne die Berücksichtigung von Präventions- und Kompensationsmaßnahmen sind die Risiken RO01 bis RO05 sowie RO08 und RO09, die sich aus der „Offenhaltung“ ergeben, nicht tolerierbar (s. Abbildung 6). Unter Berücksichtigung von identifizierten und bewertbaren Präventionen und Kompensationen sind die Risiken RO01 bis RO04 inakzeptabel ().

Diese Risiken resultieren ausschließlich aus der „Offenhaltung“ der 2sRnW750 und betreffen die Zielstellung der bestmöglichen Schadensvorsorge, da durch sie die Gesamtfunktion der Notfallplanung in Frage zu stellen ist.

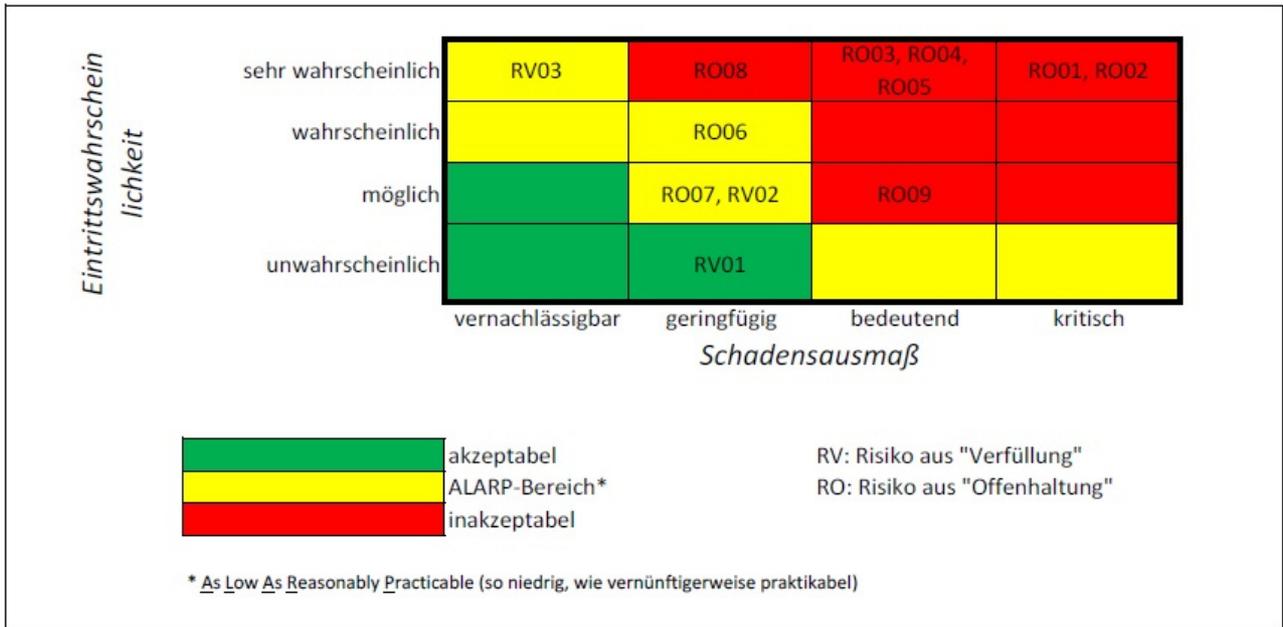


Abbildung 6: Netto- Risiken (ohne Berücksichtigung von Präventions- und Kompensationsmaßnahmen)

Aufgrund der ungewissen Gesamtsituation, z.B. wann und mit welcher Geschwindigkeit ein AÜL eintritt, sind alle Maßnahmen, die zur bestmöglichen Schadensvorsorge führen, so früh wie möglich und mit der geforderten Qualität zu realisieren, wenn diese die gesetzlich vorgegebene Rückholung nicht behindern.

Risiken der „Verfüllung“ im ALARP- Bereich oder nicht genutzte Chancen der „Offenhaltung“, z.B. für den Erhalt des Monitorings durch Anpassungsmöglichkeiten an ein sich verändertes Fließregime, wiegen bei einer rein sicherheitsgerichteten Betrachtung nicht die Risiken der „Offenhaltung“ im ALARP- Bereich auf.

Im Ergebnis der durchgeführten sicherheitsgerichteten Risikoabwägung weist die Verfüllung der 2sRnW750 beherrschbare Risiken für die sichere Stilllegung auf. Die „Offenhaltung“ der 2sRnW750 weist im Vergleich hierzu inakzeptable und nicht kompensierbare Risiken auf.



Bundesamt für Strahlenschutz

## Risikoabwägung für das weitere Vorgehen im Bereich der 2. südlichen Richtstrecke nach Westen, 750-m-Sohle

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.		Seite: 26 von 33
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 19.04.2016
9A	34000000	GH	RB	0009	00		

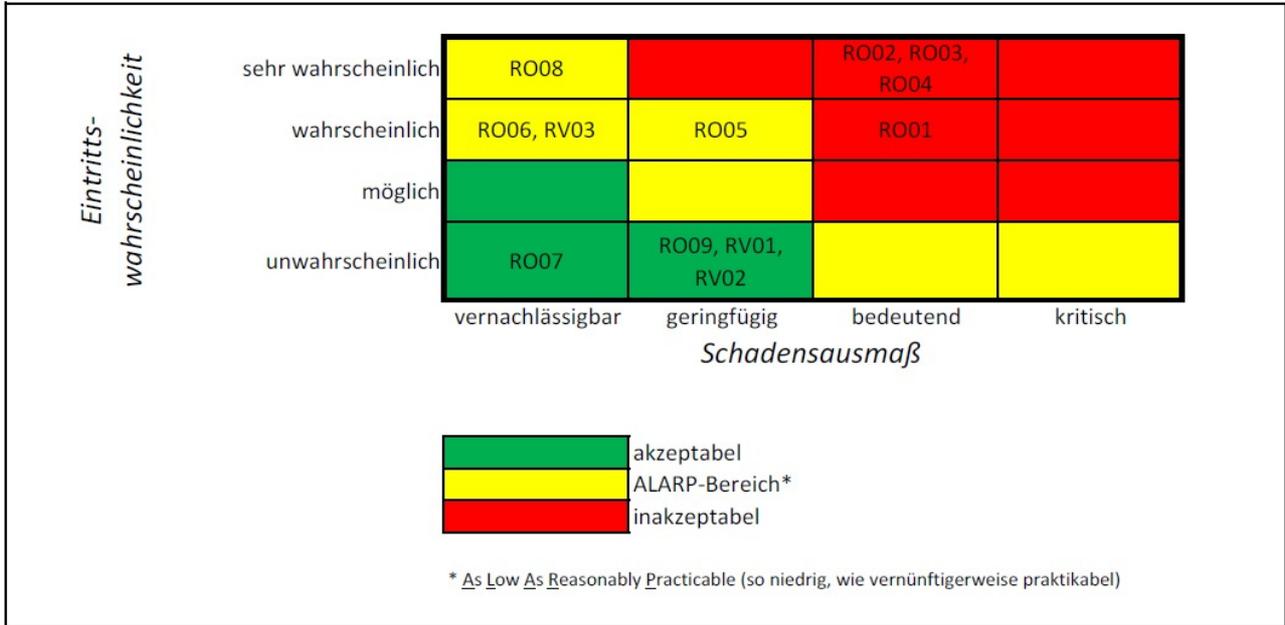


Abbildung 7: Brutto- Risiken (mit Berücksichtigung von Präventions- und Kompensationsmaßnahmen).



Bundesamt für Strahlenschutz

## Risikoabwägung für das weitere Vorgehen im Bereich der 2. südlichen Richtstrecke nach Westen, 750-m-Sohle

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 27 von 33
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	34000000	GH	RB	0009	00	Stand: 19.04.2016

## LITERATURVERZEICHNIS

- Asse GmbH (2010): Notfallplanung zur Konsequenzenminimierung – Bericht der Asse GmbH im Auftrag des BfS, Remlingen, 23.02.2010
- Asse GmbH (2014): Sonderbetriebsplan 5/2014, Remlingen, 02.04.2014
- BfS (2010): Notfallplanung für das Endlager Asse, Salzgitter, 28.02.2010
- BfS (2015): Technische Möglichkeiten zur Offenhaltung der 2. südlichen Richtstrecke nach Westen auf der 750-m-Sohle, Salzgitter, 14.08.2015
- GRS (2010) Schachtanlage Asse: Stellungnahme zur Wirksamkeit von Einzelmaßnahmen der Notfallplanung – 9A-24250, Braunschweig, 26.04.2010, GRS mbH
- IfG (2009) Gebirgsmechanische Zustandsanalyse und Prognose auf der Basis von Standortdaten sowie 3D-Modellrechnungen, Leipzig, 11.03.2009
- ZIEGLER (2013): Atomgesetz mit Verordnungen (33. Auflage) – Nomos-Verlagsgesellschaft, Baden-Baden

## BEGRIFFSBESTIMMUNG

- Abfall, radioaktiver** Radioaktive Stoffe im Sinne des § 2 Abs. 1 und 2 des Atomgesetzes, die nach § 9a Abs. 1 Nr. 2 des Atomgesetzes geordnet beseitigt werden müssen.
- Abfallgebinde** Endzulagernde Einheit aus Abfallprodukt und Abfallbehälter.
- Barrieren, technische** Technische Maßnahmen zur Verhinderung oder Minderung von Freisetzungen radioaktiver Stoffe
- Bestmögliche Schadensvorsorge** Gemäß §§ 7 Abs. 2 und 9 Abs. 2 AtG ist die nach dem Stand von Wissenschaft und Technik erforderliche Vorsorge gegen Schäden zu treffen. Für die Schachtanlage Asse II kann diese Vorgabe nachweislich nicht erfüllt werden. Die nach dem Stand von Wissenschaft und Technik erfüllbare bestmögliche Schadensvorsorge sieht für den Betrieb der Anlage oder dem Umgang mit Kernbrennstoffen eine sich der Vorgabe gemäß §§ 7 Abs. 2 und 9 Abs. 2 AtG vollständige oder zu begründende annähernde Umsetzung vor.
- Biosphäre** Gesamtheit des von Lebewesen besiedelten Teils der Erde
- Deckgebirge** Eine Lagerstätte überdeckende Gebirgsschichten
- Einlagerungsbereich** Grubenbereich mit Abfällen
- FEP** Eine Konsequenzenanalyse basiert auf der Ermittlung und Analyse von Szenarien zur Bewertung der bestmöglichen Stilllegungs- bzw. Rückholungsvariante. Dabei werden die Wirkungen geodynamischer, geotechnischer, klimatischer und chemisch-physikalischer Zustände, Ereignisse und Prozesse



Bundesamt für Strahlenschutz

## Risikoabwägung für das weitere Vorgehen im Bereich der 2. südlichen Richtstrecke nach Westen, 750-m-Sohle

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 28 von 33
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	34000000	GH	RB	0009	00	Stand: 19.04.2016

(engl.: FEP = Features, Events, Processes) auf die Schachtanlage Asse II erfasst und beschrieben.

<b>Firste</b>	Obere Grenzfläche eines Grubenbaus
<b>Grubenbau</b>	Planmäßig hergestellter Hohlraum unter Tage
<b>Grubengebäude</b>	Sammelbegriff für alle bergmännisch hergestellten Hohlräume eines Bergwerks
<b>Haufwerk</b>	Bergmännisch gewonnenes Gestein
<b>Kammer</b>	Abbauraum von meist rechteckigem Grundriss mit großen Abmessungen. Zwischen den Kammern bleiben Bergfesten oder Pfeiler zum Schutz der Kammer bzw. der Lagerstätte stehen.
<b>Klüfte</b>	Im Gebirge durch tektonische Vorgänge entstandene Risse
<b>Konvergenz</b>	Natürlicher Prozess der Volumenreduzierung von untertägigen Hohlräumen infolge Verformung bzw. Auflockerung aufgrund des Gebirgsdrucks
<b>Migration</b>	Bewegung von Wasser, Lösungen, Öl und Gas durch poröse und permeable Gesteine sowie Gesteinsschichten
<b>Nachbetriebsphase</b>	Zeitraum nach der Stilllegung des Bergwerks
<b>Notfallplanung</b>	Gesamtheit aller Vorsorge- und Notfallmaßnahmen
<b>Permeabilität</b>	Durchlässigkeit eines Gesteins für Flüssigkeiten und Gase, abhängig von der Querschnittsgröße und -form der einzelnen Fließkanäle, deren räumlichem Verlauf und ihrer gegenseitigen Verknüpfung
<b>Porosität</b>	Das Gesamtvolumen eines Gesteins setzt sich aus dem Volumen der festen Bestandteile und dem Volumen der Hohlräume oder Poren im Gestein zusammen. Die Gesamtporosität ist definiert als das Verhältnis des für die Grundwasserdurchströmung nutzbaren Porenvolumens zu dem Gesamtvolumen des Gesteins.
<b>Qualität</b>	Beschaffenheit, die ein Produkt oder eine Tätigkeit benötigt, um die vorgegebenen Anforderungen zu erfüllen.
<b>Qualitätssicherung</b>	Einhaltung der Beschaffenheitsanforderungen
<b>Quellterm</b>	Mathematische Funktion, die die Freisetzung von z. B. radioaktiven Stoffen beschreibt.
<b>Richtstrecke</b>	Im Streichen der Lagerstätte aufgefahrenen Strecke.
<b>Sensitivitätsanalyse</b>	Analytisches Verfahren, das die Abhängigkeit einer Problemlösung von Änderungen der eingesetzten Daten untersucht.
<b>Sicherheitsanalyse</b>	Berechnungen und Untersuchungen möglicher radiologischer Auswirkungen einer Anlage im bestimmungsgemäßen Betrieb, in der Nachbetriebsphase und bei Störfällen.



Bundesamt für Strahlenschutz

## Risikoabwägung für das weitere Vorgehen im Bereich der 2. südlichen Richtstrecke nach Westen, 750-m-Sohle

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.		Seite: 29 von 33
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 19.04.2016
9A	34000000	GH	RB	0009	00		

- Sohle** 1. Gesamtheit der annähernd auf einem Niveau aufgefahrenen Grubenbaue  
2. Untere Grenzfläche eines Grubenbaus
- Sorption** Aufnahme eines Gases oder gelösten Stoffes durch einen anderen festen o-  
der flüssigen Stoff.
- Störfall** Ereignisablauf, bei dessen Eintreten der Betrieb der Anlage oder die Tätigkeit  
aus sicherheitstechnischen Gründen nicht fortgeführt werden kann und für  
den die Anlage auszulegen ist oder für den bei der Tätigkeit vorsorglich  
Schutzvorkehrungen vorzusehen sind.
- Strecke** Tunnelartiger Grubenbau, der nahezu söhlig aufgefahren wird.
- Streichen** Richtung der Schnittlinie einer geologischen Fläche mit der Horizontalebene  
bezogen auf die Nordrichtung.
- Teufe** Tiefenlage unter der Tagesoberfläche
- Tiefe** Lage unter NN
- Verfüllen** Einbringen von Haufwerk oder Baustoff in Grubenräume mit dem Ziel der Mi-  
nimierung verbleibender Resthohlräume.



Bundesamt für Strahlenschutz

**Risikoabwägung für das weitere Vorgehen  
im Bereich der 2. südlichen Richtstrecke  
nach Westen, 750-m-Sohle**

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.		Seite: 30 von 33
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		
9A	34000000	GH	RB	0009	00		Stand: 19.04.2016

**ANHANG**

## Anhang 1: Risikoliste „Offenhaltung“

Lfd. Nr.	Risiko	Eintrittswahrscheinlichkeit	Begründung	Schadensausmaß	Begründung	Prävention	Kompensation
RO01	<b>Durch Übertragung von Maßnahmen der Vorsorge in die Notfallmaßnahmen müssen im dann zur Verfügung stehenden Zeitrahmen mehr Maßnahmen umgesetzt werden. Somit besteht das Risiko, dass die Arbeiten nicht mehr vollständig umgesetzt werden.</b>	sehr wahrscheinlich	Durch die Offenhaltung der 2sRnW750 können nicht alle Vorsorgemaßnahmen gemäß Notfallvorsorgeplanung umgesetzt werden und sind erst bei Eintreten eines Notfalls umzusetzen. Zu den Ausführungszeiten der bisherigen hier geplanten Notfallmaßnahmen müssen zusätzliche Arbeitszeiträume z.B. für den Rückbau des Ausbaus der 2sRnW750 mit berücksichtigt werden.	kritisch	Die Umsetzung der Notfallplanung erfolgt nicht. Die Bewertung der radiologischen Konsequenzen wird dadurch weniger belastbar.	Vorbereitung der Notfallmaßnahmen z.B. Abteufen von Verfüllbohrungen	Im Notfall müsste eine unqualifizierte Verfüllung der offenen Bereiche unter Voraussetzung vorhandener Verfüllbohrungen erfolgen. Schnellstmögliche Flutung mit gesättigter R-Lösung
RO02	<b>Erforderliche Aktivitäten im Notfall werden umfangreicher, bei gleichzeitiger Zunahme der Komplexität der Maßnahmen. Hierdurch besteht das Risiko, dass nicht alle notwendigen Betriebspunkte eingerichtet werden können.</b>	sehr wahrscheinlich	Durch die Offenhaltung der 2. südl. Richtstrecke 750-m-S können nicht alle Vorsorgemaßnahmen gem. Notfallvorsorgeplanung umgesetzt werden und sind erst bei Eintreten eines Notfalls umzusetzen.	kritisch	Die Umsetzung der Notfallplanung erfolgt nicht. Die Bewertung der radiologischen Konsequenzen wird dadurch weniger belastbar.	Derzeit nicht ermittelbar	Im Notfall müsste eine Unqualifizierte Verfüllung der offenen Bereiche unter Voraussetzung vorhandener Verfüllbohrungen erfolgen. Schnellstmögliche Flutung mit gesättigter R-Lösung
RO03	<b>Mindere Qualität der Ausführung zusätzlicher Maßnahmen im Notfall</b>	sehr wahrscheinlich	Durch den unbekanntem Zeitrahmen nach der Feststellung des Notfalls müssen die Maßnahmen unter Zeitdruck durchgeführt werden. Auch bei vollständiger Umsetzung während des Notfalls, kann die Qualität im Vergleich zu den Vorsorgemaßnahmen unter Umständen nicht erreicht werden.	bedeutend	Radiologische Konsequenzen können nicht belegbar gemindert werden.		Aktuell keine Kompensationsmaßnahmen vorhanden. Prüfung von nachträglichen qualitätsverbessernden Maßnahmen (z.B. nachtägliches Anbohren und Injizieren von unqualifiziert verfüllten Bereichen).

Lfd. Nr.	Risiko	Eintrittswahrscheinlichkeit	Begründung	Schadensausmaß	Begründung	Prävention	Kompensation
RO04	<b>Unzureichende hydraulische Trennung der ELK vom übrigen Grubengebäude durch nicht fertiggestellte Strömungsbarrieren.</b>	sehr wahrscheinlich	Im Falle der Offenhaltung können nicht alle Strömungsbarrieren gem. Planung vollständig umgesetzt werden.	bedeutend	Im Falle eines AÜL besteht die Gefahr einer Beeinflussung des geochemischen Milieus im ELB, wodurch sich rechnerisch maßgebliche radiologische Konsequenzen ergeben.	Keine	Aktuell keine Kompensationsmaßnahmen vorhanden.
RO05	<b>Entfestigung der Firste und Stöße in der 2sRnW750 und die Gefahr von Schwebendurchbrüchen in den ELK aufgrund von fortschreitenden Integritätsverlusten und den damit einhergehenden Migrationsmöglichkeiten für kontaminierte Salzlösungen in die Umgebung der ELK. Somit besteht das Risiko, dass die Rückholung maßgeblich erschwert wird.</b>	sehr wahrscheinlich	Im Falle der Offenhaltung kann dem fortschreitenden Integritätsverlust nicht dauerhaft (>10 a) entgegengewirkt werden.	bedeutend	Im Falle eines Schwebendurchbruches besteht die Gefahr von radiologischen Konsequenzen für den betrieblichen Strahlenschutz, es erschweren sich die Randbedingungen für die Rückholung und Änderungen der Lösungspfade sind zu erwarten.	Stabilisierungsmaßnahmen der 2sRnW750 für die Dauer der Offenhaltung (< 10 a) und Stabilisierungsmaßnahmen in den ELK Anpassung der Rückholungsplanung an geänderte Randbedingungen.	Dekontamination. Berücksichtigung des Integritätsverlustes von Schweben und Pfeilern bei Rückholung
RO06	<b>Verlagerung/Neubildung von Migrationspfaden</b>	wahrscheinlich	Migrationspfade im Bereich der 2. südlichen Richtstrecke können sich verlagern.	geringfügig	Durch die Offenhaltung ist eine Beobachtung des Bereiches gewährleistet und Maßnahmen zur Lösungsfassung können angepasst werden.		Beobachtung von alternativen Messstellen und Fassungsstellen ändern unter Berücksichtigung der Bewertung des Salzlösungsmonitorings.
RO07	<b>Verschleppung von Kontamination.</b>	möglich	Während der Offenhaltung kann es infolge von Befahrungen der Strecke zu einer unbeabsichtigten Verschleppung von Kontaminationen kommen.	geringfügig	Eine Ausbreitung durch Verschleppung führt zu negativen Konsequenzen für den Personaleinsatz.	Maßnahmen des betrieblichen Strahlenschutzes.	Dekontamination gem. betrieblicher Strahlenschutz
RO08	<b>Beeinflussung der Randbedingungen für die Rückholung</b>	sehr wahrscheinlich	Durch das Einbringen eines Stahlausbaus wird die Streckenführung der Rückholungsplanung eingeschränkt.	geringfügig	Die Anlage von Zugangsstrecken zu den ELK wird aufwändiger		Öffnen des Stahlausbaus mit schwerer Maschinenteknik.
RO09	<b>Zu frühes Auslösen des Notfalls</b>	möglich	Da kontaminierte Lösungen nur bis zu 1 m <sup>3</sup> /Tag handhabbar sind, kann die Lösungsfassung an dieser Stelle zu einem Abbruch der Rückholung führen, obwohl technisch die Fortführung der Tätigkeiten noch möglich wäre.	bedeutend	Rückholung wird abgebrochen. Abfälle verbleiben in der Schachtanlage	Detaillierter Maßnahmenkatalog zum Umgang mit einem Anstieg von gefassten kontaminierten Lösungen mit Ziel einer erhöhten Anlagenauslegung	Durchführung von Stilllegungsmaßnahmen trotz des Verbleibs von Abfällen in der Schachtanlage.

## Anhang 2: Risikoliste „Verfüllung“

Lfd. Nr.	Risiko	Eintrittswahrscheinlichkeit	Begründung	Schadensausmaß	Begründung	Prävention	Kompensation
RV01	<b>Ausfall von Lösungsfassungsstellen / Technikversagen</b>	unwahrscheinlich	Die Fassung der Lösungen erfolgt nach der Verfüllung über ein Schachtringsystem von der 700-m-Sohle aus. Die Wahrscheinlichkeit, dass das System ausfällt wird als gering eingestuft. Ein bereits in Betrieb genommenes System (Hinterfahrung BS 2) belegt diese Einschätzung.	geringfügig	Die Bewirtschaftung der Lösungsfassungsstellen dient vornehmlich dem betrieblichen Strahlenschutz. Ein – temporärer – Ausfall ist vertretbar.	Zur weiteren Senkung des Risikos, wird das System redundant ausgelegt. Ein zweiter installierter Schachtring kann problemlos angebohrt werden.	Keine
RV02	<b>Durch die Vernässung von Abfällen in den ELK besteht das Risiko, dass sich das zurückzuholende Abfallvolumen vergrößert und sich die Anforderungen an die Bergetechnik erhöhen</b>	möglich	Kenntnistand zur Vernässung der Abfälle in den ELK im Bereich der 2sRnW750 ist gering. Notwendige Erkundungsergebnisse stehen noch aus. Radiologisch relevante Salzlösung wird in unmittelbarer Nachbarschaft zu einer ELK in der 2sRnW750 gefasst. Dies wird als Indiz für einen möglichen Lösungskontakt mit den Abfällen gedeutet und ist im Fall der ELK 8/750 nachgewiesen.	geringfügig	Erhöhter Aufwand für Bergung und Behandlung von Abfällen	Installation eines Drainage-Systems	Keine
RV03	<b>Ein Versiegen der Lösungsfassungsstellen deutet auf eine Veränderung des Fließregimes von Salzlösungen hin. Es besteht das Risiko, dass das Monitoring nicht auf die neuen Verhältnisse ausgerichtet werden kann und Informationen für einen sicheren Betrieb oder das Erkennen eines Notfalls fehlen können</b>	sehr wahrscheinlich	Es ist davon auszugehen, dass sich durch das auflaufende Gebirge das Risssystem in dem Pfeiler zur ELK verschließen wird. Dadurch kommt es zu einem Versiegen der Lösungsstellen.	vernachlässigbar	Durch das Versiegen der Lösungsfassungsstellen entfällt die Möglichkeit zur Kontrolle / zum Monitoring der Lösungen in dem Bereich. Dieser Zustand ist von geringer Bedeutung für das Monitoring und den daraus abzuleitenden Aussagen	Redundante Auslegung des Monitoring	Neueinrichtung von Lösungsfassungsstellen durch Bohrungen von oberhalb der 700m-Sohle