

Schachtanlage Asse II

Fachworkshop Asse: Strahlenschutz und Notfallvorsorge

**Sachstandsbericht
Notfallvorsorge**

Vorgesehene Maßnahmen der Notfallvorsorge, ihre Wirksamkeit und ihr mögliches Zusammenwirken mit der Faktenerhebung und dem Konzept für die Rückholung

**Fachbereich
Sicherheit nuklearer Entsorgung**



INHALTSVERZEICHNIS

INHALTSVERZEICHNIS	2
1 VERANLASSUNG.....	3
2 NOTFALLPLANUNG	4
2.1 GRUNDLAGEN UND RANDBEDINGUNGEN DER NOTFALLPLANUNG	4
2.2 NOTWENDIGKEIT DER NOTFALLPLANUNG UND MÖGLICHE ALTERNATIVEN	6
2.2.1 Sachstand	6
2.2.2 Neue Entwicklungen	11
2.3 WIRKSAMKEIT DER VORSORGE- UND NOTFALLMAßNAHMEN.....	13
2.4 ABSCHÄTZUNG DER RADIOLOGISCHEN KONSEQUENZEN OHNE MAßNAHMEN.....	14
2.5 ABSCHÄTZUNGEN ZUR WIRKSAMKEIT DER MAßNAHMEN	20
3 ZUSAMMENWIRKEN DER NOTFALLVORSORGE MIT DER FAKTENERHEBUNG UND RÜCKHOLUNG.....	23
3.1 AKTUELLER SACHSTAND ZUR UMSETZUNG DER VORSORGEMAßNAHMEN UND SITUATION IM GRUBENGEBÄUDE	23
4 KONZEPTSKIZZE FÜR DIE RÜCKHOLUNG DER RADIOAKTIVEN ABFÄLLE.....	26
4.1 RANDBEDINGUNGEN FÜR DIE RÜCKHOLUNG	26
4.2 VORAUSSETZUNGEN FÜR DIE RÜCKHOLUNG	27
4.3 MÖGLICHER KAMMERZUGANG BEI DER RÜCKHOLUNG.....	29
4.4 TECHNISCHE KONZEPTE ZUR UMSETZUNG DER RÜCKHOLUNG.....	31
5 RESÜMEE NOTFALLVORSORGE UND RÜCKHOLUNGSKONZEPT	36
6 LITERATUR	37

1 VERANLASSUNG

Das BfS führt am 20. und 21. November 2012 einen Workshop zur Notfallplanung des BfS durch. Nach Veröffentlichung einer Notfallplanung für die Schachanlage Asse II BfS im Februar 2010 (BfS 2009, BfS 2010) wurde diese in verschiedenen öffentlichen Veranstaltungen und in der Asse 2 Begleitgruppe erläutert. Die Notfallplanungen wurden mit der ESK, der AGO und dem NMU sowie seinen Gutachtern erörtert. Mit der Umsetzung der Vorsorgemaßnahmen wurde begonnen.

Ausgelöst durch die Diskussion um grundsätzlich abweichende Konzepte für die Notfallvorsorge hat das BfS der Asse-2-Begleitgruppe vorgeschlagen, den Sachstand zur Notfallplanung nochmals breit zu erörtern. Vorbereitende Gespräche dazu haben auch mit der AGO stattgefunden.

Aufgrund der Verknüpfung der Maßnahmen der Notfallvorsorge mit der Rückholung, sowohl hinsichtlich gegenseitiger Beeinflussung als auch hinsichtlich der Frage der Voraussetzungen für die Umsetzung der Schritte 2 und 3 der Faktenerhebung, ist eine permanente Weiterentwicklung der Notfallplanungen erforderlich. Der „Fachworkshop zum Sachstand der Rückholung“, abgehalten vom BfS am 18./19.01.2012 in Braunschweig, hat die Bedeutung angepasster Vorsorgemaßnahmen zur bestmöglichen Gewährleistung der Sicherheit und für die Erreichbarkeit des Ziels der Rückholung unterstrichen. Der „Fachworkshop zur Beschleunigung der Rückholung“, abgehalten am 24./25.09.2012 in Wolfenbüttel, hat ergeben, dass sich aus dem Zusammenwirken zwischen den notwendigen Maßnahmen der Notfallvorsorge und den vorbereitenden Arbeiten zur Rückholung (Faktenerhebung, Erkundung für Schacht und Infrastrukturräume) mögliche Beschleunigungspotenziale ergeben.

Diese und weitere Themen möchte das BfS mit den fachlich mit der Asse befassten Experten, den beteiligten Behörden und der Asse II Begleitgruppe diskutieren. Die Diskussion soll dazu in 3 Arbeitskreisen geführt werden. Das vorliegende Papier stellt zu den Themen der 3 Arbeitskreise die Sachlage und Vorgehensweise aus Sicht des BfS dar und formuliert Vorschläge für Diskussionsschwerpunkte in den Arbeitskreisen.

Der Arbeitskreis N AK5 umfasst Fragen der Notwendigkeit der Notfallplanung und mögliche Alternativen, der N AK 6 die Wirksamkeit der Maßnahmen und der Arbeitskreis N AK 7 das Zusammenwirken der Notfallvorsorge mit der Faktenerhebung.

2 NOTFALLPLANUNG

2.1 GRUNDLAGEN UND RANDBEDINGUNGEN DER NOTFALLPLANUNG

Um ein Notfallkonzept für die Schachanlage Asse II entwickeln zu können, war es erforderlich, zuvor die bestimmenden geotechnischen und bergbaulichen Randbedingungen zu ermitteln. Diese sind den hier vorgestellten Notfallvorsorgemaßnahmen zugrunde gelegt und müssen ebenfalls bei weiterführenden Überlegungen gleichermaßen Berücksichtigung finden.

Insgesamt weist die Schachanlage Asse II ungünstige Randbedingungen auf. Der hohe Durchbauungsgrad des Grubengebäudes hat verbunden mit der späten Verfüllung der Abbaue in der Südflanke und aufgrund der mangelhaften Schutzschichtmächtigkeiten zu einem Grundwasserzutritt geführt. Dieser wie auch die gebirgsmechanischen und geologischen Gegebenheiten (hoher Carnallitanteil, lösungsführende Anhydritmittel) bestimmen maßgeblich die Handlungsoptionen für den Betrieb und die Stilllegung der Schachanlage Asse II.

Nach [AF-COLENCO, GRS & IFG \(2009\)](#) lassen sich die Randbedingungen folgendermaßen beschreiben:

- Die zur Mineralgewinnung angelegten Abbaue im Unteren Leine Steinsalz ($\text{Na}_3\beta$) liegen in unmittelbarer Nähe zum südlichen Rand der Salzstruktur. Die Mächtigkeit der Steinsalz-Barriere zum Rötanhydrit (so_1A) beträgt auf den Sohlen oberhalb 595 m Teufe nur wenige Meter. Das Grubengebäude ist durch einen hohen Durchbauungsgrad gekennzeichnet. Das Tragsystem der Pfeiler und Schweben wurde mit Abmessungen erstellt, die in Verbindung mit der langen unverfüllten Standzeit der Abbaue zu einem nachgiebigen Tragverhalten mit begrenzter Tragfähigkeit geführt haben;
- Im oberen Baufeld in der Südflanke sind die Schweben zum Teil gebrochen oder bereits gefallen und die Pfeiler befinden sich überwiegend im Bereich ihrer Resttragfähigkeit. Der Lastabtrag erfolgt zunehmend über die Ränder des Baufeldes und über das Deckgebirge an der Südflanke, das seinerseits mit Scherdeformationen und Dilatanz auf die Umlagerung der Gebirgsspannung reagiert. Die Deformationen halten an;
- Infolge der im Zeitraum 1995 bis 2004 durchgeführten Versatzmaßnahmen und der laufenden Firstspaltverfüllung in den Abbauen der Südflanke baut sich gegenwärtig ein zunehmender Stützdruck auf, der durch Versatzdruckmessungen und degressive Pfeilerstauchungsraten nachweisbar ist;
- Dennoch werden sich mit den weiteren Deckgebirgsverschiebungen die Schädigungen im Tragsystem und im Deckgebirge fortsetzen. Die sich auf den tieferen Sohlen ausbreitende Deckgebirgslösung übt eine zusätzlich destabilisierende Wirkung aus;
- Aufgrund der stattgefundenen bergbaubedingten Deformationen in der Südflanke sind weite Bereiche der Steinsalz-Barriere zwischen den Abbauen und dem Rötanhydrit in Bereichen oberhalb der Teufe von 574 m nicht mehr intakt (Zone der desintegrierten Steinsalz-Barriere);
- In das Grubengebäude tritt seit 1988 eine an NaCl und CaSO_4 (Anhydrit) gesättigte Salzlösung zu. Die Zutrittsrate ist seit 1998 weitgehend konstant; die täglich gefasste Menge beträgt zurzeit rund 12 m^3 . Der genaue Weg der Salzlösung in das Grubengebäude ist nicht bekannt und kann auch nicht ermittelt werden. Da die Steinsalz-Barriere im Bereich

der oberen Sohlen gebirgsmechanisch beansprucht ist, muss der gesamte aufgelockerte Bereich der Steinsalz-Barriere in der Südflanke als potenzieller Migrationspfad angenommen werden. Die künftige Entwicklung der Lösungszutrittsrate ist nicht prognostizierbar;

- Die zutretende Deckgebirgslösung steht mit dem im Grubengebäude an vielen Stellen aufgeschlossenen Carnallit des Kaliflözes Staßfurt nicht im Gleichgewicht und vermag daher diesen bei Kontakt zu zersetzen. Dabei entsteht zusätzliches konvergenzaktives Hohlraumvolumen. Bei einem lang anhaltenden Lösungszutritt (ohne Ableitung der zutretenden Lösung oder andere technische Maßnahmen) können langfristig erhebliche zusätzliche Hohlraumvolumen entstehen, deren Auswirkungen auf die Verformungen im Grubengebäude und im Deckgebirge und die dadurch entstehenden Verhältnisse schwierig zu prognostizieren wären;
- Infolge des relativ hohen Durchbauungsgrades im Grubengebäude – auch im Bereich der Einlagerungskammern – können die potenziellen Wegsamkeiten für zugetretene Lösung zu den Abfällen nicht im Detail ermittelt werden.
- Das Wasserdargebot im Deckgebirge ist in einem Umfang vorhanden, der technisch nicht beherrschbare Zutrittsmengen möglich erscheinen lässt. Dafür gibt es standortspezifische Belege wie das Absaufen der benachbarten Schachanlage Asse I (in Abb. 1 dargestellt).

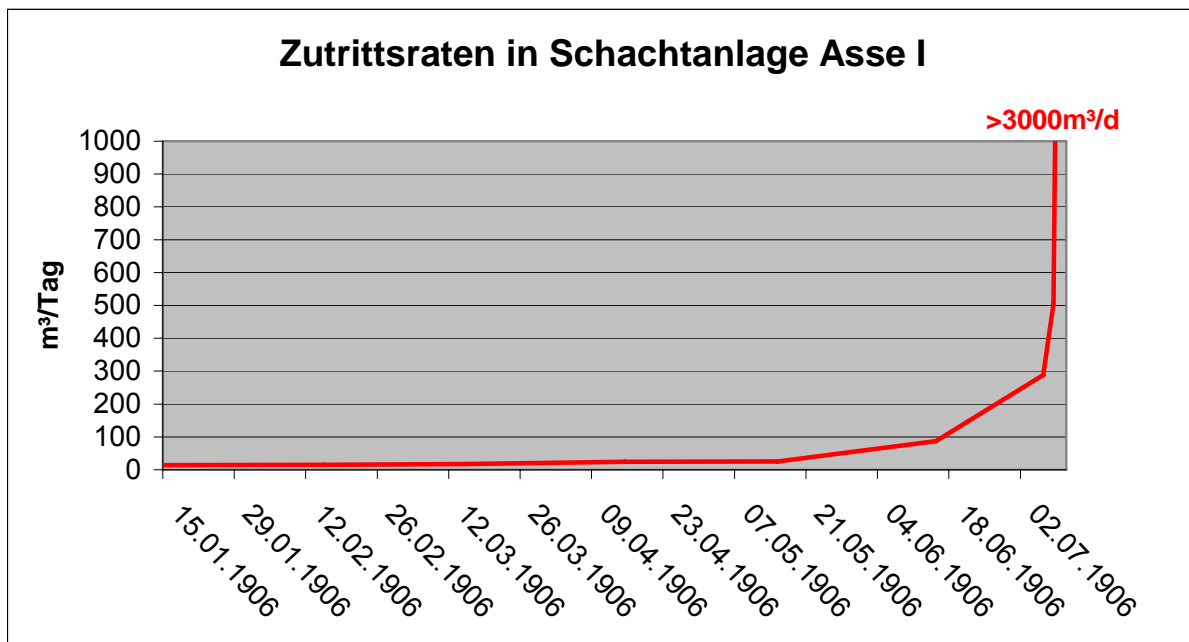


Abb. 1: Zeitliche Entwicklung der Zutrittsraten in Schachanlage Asse I.

Für die Notfallvorsorge wird basierend auf obigen Gegebenheiten abgeleitet ([AF-COLENCO, GRS & IFG, 2009](#)), dass

- eine vollständige Abdichtung der Abfälle gegen zutretende Deckgebirgslösung nicht möglich ist und deshalb eine Mobilisierung von Radionukliden aus den Abfällen unterstellt werden muss,

- ein Übertritt von Schadstoffen aus den Abfällen durch das Grubengebäude in das Deckgebirge nicht ausgeschlossen werden kann,
- das Deckgebirge keine allseits geringdurchlässige Barriere darstellt und
- das Risiko eines stark ansteigenden Lösungszutritts in das Grubengebäude bereits während der laufenden Betriebsphase besteht.

2.2 NOTWENDIGKEIT DER NOTFALLPLANUNG UND MÖGLICHE ALTERNATIVEN

2.2.1 Sachstand

Die nach Übernahme der Schachanlage Asse II am 01.01.2009 vom BfS beauftragten Störfallanalysen ([ISTEC 2009](#)) haben in Verbindung mit gebirgsmechanischen ([IFG 2009](#)) und hydrogeologischen Daten ([BFS 2009a](#)) ergeben, dass ein nicht beherrschbarer (und damit auslegungsüberschreitender) Lösungszutritt (AÜL) nicht ausgeschlossen werden kann. Eine solche Situation stellt eine technisch nicht mehr beherrschbare Eskalation des jetzigen Lösungszutritts dar und lässt sich anhand einer zunehmenden Menge an Zutrittslösung, einer Verlagerung der Zutrittsstellen, einer Veränderung im Chemismus bzw. Abnahme des Sättigungsgrades im Salzgehalt oder auch einer Kombination dieser Szenarien einschätzen. Diese als Notfall bezeichnete Situation wird gemäß den in [BFS \(2010\)](#) beschriebenen Verfahren und Randbedingungen festgestellt, externe Sachverständige werden bei Bedarf hinzugezogen. Auf Grund der beschriebenen Vielfalt möglicher Szenarien bzw. deren Kombinationsmöglichkeiten konnten bisher keine allgemeinverbindlichen Kriterien für die Feststellung eines Notfalls festgelegt werden. Hierzu befindet sich das BfS in Diskussionen mit dem BMU, NMU und Beratungsgremien (ESK, AGO).

Nach den Vorgaben des AtG, der StrlSchV sowie der ABergV ist eine ausreichende Vorsorge nach dem Stand von Wissenschaft und Technik zu treffen, um die Gefahren für Mensch und Umwelt durch Notstandssituationen auf ein Minimum zu beschränken:

- § 9 Abs. 2 AtG: „... 3. [eine] Genehmigung darf nur erteilt werden, wenn die nach dem Stand von Wissenschaft und Technik erforderliche Vorsorge gegen Schäden durch die Verwendung [von] Kerbrennstoffe[n] getroffen ist, ...“
- § 49 StrlSchV: „... . Maßgebend für eine ausreichende Vorsorge gegen Störfälle nach Satz 1 [der dort vorgeschriebenen Planungen] ist der Stand von Wissenschaft und Technik.“
- § 51 StrlSchV: „Bei radiologischen Notstandssituationen, Unfällen und Störfällen sind unverzüglich alle notwendigen Maßnahmen einzuleiten, damit die Gefahren für Mensch und Umwelt auf ein Mindestmaß beschränkt bleiben.“
- § 11 ABergV: „Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, [...] dass ein Notfallplan für vorhersehbare größere Ereignisse aufgestellt, auf den neuesten Stand und im Betrieb verfügbar gehalten wird.“

Aus diesen Gründen und wegen der zuvor dargestellten, unzureichenden gebirgsmechanischen Gesamtsituation in der Schachtanlage Asse II und des Risikos einer technisch nicht beherrschbaren Veränderung des bestehenden Lösungszutritts wurde 2010 vom BfS eine Notfallplanung für die Schachtanlage Asse II aufgestellt ([BFS 2009b](#) & [BFS 2010](#), [ASSE-GMBH 2010a](#), [ASSE-GMBH 2010b](#)), die sich seitdem in den geplanten Ausführungsschritten nicht wesentlich verändert hat. Es bestehen unter strategischen Gesichtspunkten die beiden in [BFS \(2009b\)](#) beschriebenen Möglichkeiten:

Verringerung der Eintrittswahrscheinlichkeit eines AÜL:

Die hierfür geplanten Maßnahmen zielen einerseits auf die Verhinderung eines AÜL (z. B. durch Reduzierung der Verformungen oder die Abdichtung potenzieller Schwachstellen der Barriere). Andererseits sind Verbesserungen der Anlagenauslegung gegen Lösungszutritte (z. B. Schaffung von zusätzlichen Speichermöglichkeiten, Anpassung der Entsorgungsmöglichkeiten für Zutrittslösung) vorgesehen. Letztere sind jedoch allein nicht ausreichend wie die Abb. 2 verdeutlicht. Angesichts der typischen Ersaufensszenarien für Salzbergwerke, die in dramatischer Weise standortspezifisch belegt sind (vgl. Abb. 1), müssen auch Maßnahmen ergriffen werden die auf die Minimierung der Kosequenzen eines ggf. nicht zu verhindernden Absaufens gerichtet sind.

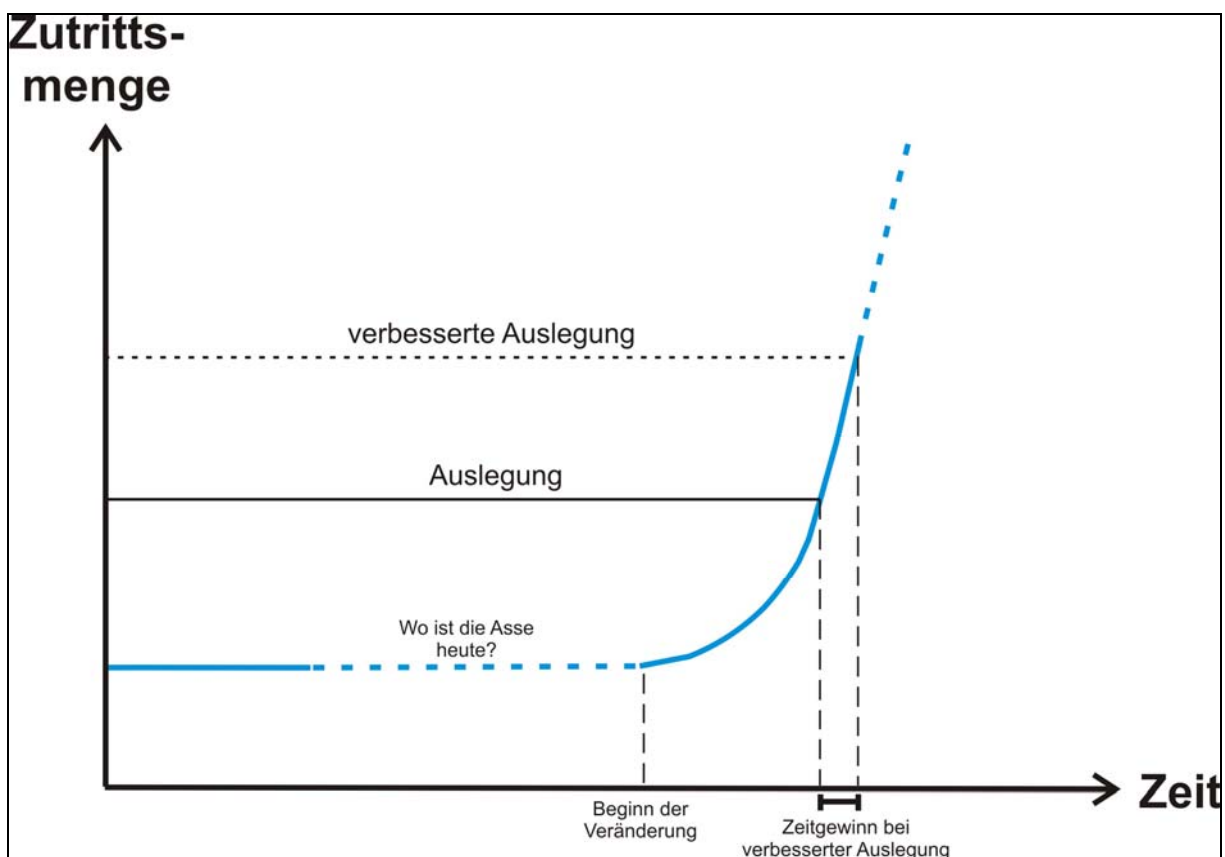


Abb. 2: Zeitgewinn durch Verbesserung der Anlagenauslegung bei progressiven Zutrittsraten im Salzbergbau

Minimierung der Konsequenzen eines AÜL:

Zur Minimierung der Konsequenzen muss auf die wesentlichen, die Auswirkungen bestimmenden Faktoren Einfluss genommen werden. Dies sind einerseits die die Ausbreitung von Lösung aus dem Bergwerk antreibenden Wirkfaktoren (Konvergenz und Gasbildung). Andererseits ist ein wesentlicher Faktor der Umfang und die Kinetik der Freisetzung der Radionuklide im Nahfeld (Einlagerungskammern). Schließlich ist es erforderlich, die technischen Maßnahmen so zu gestalten, dass sie bei einem hochdynamischen und nicht sicher vorherbestimmbaren Ablauf wie dem Ersaufen eines Bergwerkes ihre Wirksamkeit nicht verlieren (Robustheit).

Weitere potentiell relevanten Prozesse sind der nachfolgenden Aufstellung ([AF-COLENCO, GRS & IFG \(2009\)](#)) zu entnehmen:

- die Konvergenz der Grubenbaue und dadurch die Abnahme des lösungszugänglichen Volumens in den Grubenbauen, die Verformungen in der Salzstruktur und im angrenzenden Deckgebirge und evtl. die Entstehung von neuen Wegsamkeiten im Salzgebirge und/oder im Deckgebirge durch gebirgsmechanische Überbeanspruchung,
- die Umlösung von zugetretener Deckgebirgslösung an anstehendem Carnallitit, die Lösung von Steinsalz beim Zutritt von untersättigter Deckgebirgslösung,
- die Gasbildung in den Einlagerungskammern und im übrigen Grubengebäude durch Korrosion von Metallen und mikrobielle Degradation von organischen Stoffen,
- die Mobilisierung von Radionukliden aus den Abfällen mit Übertritt von Radionukliden in Lösung und in die Gasphase,
- der dichtebedingte Aufstieg der gebildeten Gase gegen das Grubenhöchste,
- die Bewegung von Lösung im Grubengebäude durch Verdrängung (Konvergenz, lokale Ansammlung von Gas),
- das Austreten von Gas und Lösung aus dem Grubengebäude in das Deckgebirge (teilweise mit volatilen bzw. gelösten Radionukliden) und
- die Ausbreitung von radionuklidhaltigem Gas und radionuklidhaltiger Lösung im Deckgebirge bis zur Geländeoberfläche.

Damit ergeben sich folgende konkrete technische Ziele (vgl. [ASSE-GMBH 2010a](#)):

- Verzögerung der Migration von Lösungen in die Einlagerungskammern (durch Erstellung von Abdichtbauwerken),
- Stabilisierung des Tragsystems (durch die Einbringung von Feststoffversatz) zur Minimierung der Konvergenz,
- Reduzierung der gasbildenden Stoffe und Schaffung von hinsichtlich der Minimierung der Gasbildung günstigen Randbedingungen
- Verzögerung des Entstehens und der Ausbreitung von radioaktiv kontaminierten Salzlösungen aus den Einlagerungskammern (durch Verfüllung und Abdichtung relevanter Wegsamkeiten),

- Verzögerung der Schadstoffmobilisierung in den Einlagerungskammern (durch Verminderung des lösungszugänglichen Resthohlraumvolumens und positive Beeinflussung des chemischen Milieus),
- Stabilisierung des Grubengebäudes sowie Schutz der Salzgesteine vor Umlösungen und Zersetzungen (durch Einbringen von mit den anstehenden Salzgesteinen im Gleichgewicht stehenden Fluiden),
- Vermeidung eines direkten Austrages von radioaktiven Kontaminationen in die Biosphäre über die Tagesschächte.

In [ASSE-GMBH \(2010a\)](#) werden die einzelnen Maßnahmen geplant und verschiedenen Teilprojekten zugeordnet. In [ASSE-GMBH \(2010b\)](#) wurden spezifische Entscheidungskriterien für die Umsetzung der Maßnahmen und Defizite bei den zur Verfügung stehenden Ressourcen für eine termin- und qualitätsgerechte sowie effiziente Umsetzung der einzelnen Maßnahmen zur Minimierung der Konsequenzen eines technisch nicht beherrschbaren Lösungszutritt ermittelt.

In Abhängigkeit von der zeitlichen Umsetzbarkeit der Maßnahmen in einem Notfall gliedern sich diese in 2 Aufgabenpakete ([BFS 2010](#), siehe Abb. 3):

Vorsorgemaßnahmen:

- Maßnahmen zur Stabilisierung des Grubengebäudes:
 - Verfüllung von Resthohlräumen mit Feststoffversatz zur Stabilisierung des Tragsystems,
- Maßnahmen zum Schutz der ELK:
 - Bau von Abdichtungsbauwerken, um Wegsamkeiten für Zutrittslösungen in die ELK und radioaktiv kontaminierte Salzlösungen aus den ELK weitgehend zu minimieren („Topfkonzept“),
 - Verfüllung der Resthohlräume im Nahbereich der ELK, um das für Zutrittslösungen zugängliche Volumen zu reduzieren und das chemische Milieu (Sorption, Begrenzung der Löslichkeit) günstig zu beeinflussen, (Zur Vermeidung nachteiliger Auswirkungen durch die Verfüllung von „Laugensümpfen“ im Nahfeld der ELK haben Abstimmungsgespräche mit der AGO stattgefunden, siehe „B) Neue Entwicklungen“.)
- Maßnahmen zur Herstellung der Notfallbereitschaft:
 - Verbesserung des Lösungsmanagements, um den Anteil der gefassten Zutrittslösung am Gesamtlösungszutritt von derzeit etwa 12 m³/Tag möglichst zu erhöhen,
 - Sicherung der Baustoff- und Medienversorgung,
 - Planung der eigentlichen Notfallmaßnahmen.

Notfallmaßnahmen:

- Verfüllung der Resthohlräume in allen ELK (LAW mit Brucitmörtel, MAW mit Sorelbeton), um das für Zutrittslösungen zugängliche Volumen zu reduzieren und das chemische Milieu (Sorption, Begrenzung der Löslichkeit) günstig zu beeinflussen,
- Rückzug aus der Grube,
- Sicherung der beiden Tagesschächte Asse 2 und Asse 4,
- Gegenflutung durch Einleiten $MgCl_2$ -dominierter Salzlösung und, nach erfolgter Feststellung der Machbarkeit und Wirksamkeit, gleichzeitige Druckluftbeaufschlagung zur Minimierung der Menge an eintretender Zutrittslösung und Stabilisierung des Grubengebäudes.

Nach Übernahme der Verantwortung für die Schachtanlage Asse II am 01.01.2009 durch das BfS ist umgehend mit der Umsetzung der neu von der Asse-GmbH geplanten Vorsorgemaßnahmen begonnen worden. Die Umsetzung der Notfall- und Vorsorgemaßnahmen hat gemäß einer Vorgabe des BMU seit 2009 Vorrang vor anderen Maßnahmen.

Diese Maßnahmen bewirken eine Beschränkung der radiologischen Konsequenzen auf ein mögliches Minimum bei Notfalleintritt und sehen vor, dass der Grubenbereich unterhalb der 700-m-Sohle weitgehend verfüllt wird und die Einlagerungskammern bestmöglich eingekapselt werden. Weitere Verfüllmaßnahmen sind im Nahbereich der MAW-Kammer und im Rahmen der Firstspaltverfüllung am oberen und an den seitlichen Baufeldrändern der Südflanke vorgesehen. Benötigte Grubenhohlräume auf der 800-m-Sohle werden nach derzeitiger Planung weiterhin genutzt. Dort befinden sich Einrichtungen der Notfallvorsorge (Sumpfstrecken, Bereiche zur Verwertung radioaktiv kontaminierter Lösungen). Durch die Verfüllung der zugänglichen Grubenbaue unterhalb der 700-m-Sohle und die Firstspaltverfüllung (FSV) als Maßnahmen zur Minimierung der Eintrittswahrscheinlichkeit eines technisch nicht beherrschbaren Lösungszutritts wird der gesamte Bereich gebirgsmechanisch stabilisiert und die Konvergenzraten reduziert. Das „Topfkonzept“ als Maßnahme zur Konsequenzenminimierung sieht vor, die Abfälle in seitlicher und in Richtung tieferer Sohlen mit geringdurchlässigem Sorelbeton bestmöglich einzukapseln. Ein hydraulisch dichter Einschluss der Abfälle auf der 700- und 725-m-Sohle mit dem Ziel der Trockenhaltung ist infolge der starken Schädigung der Pfeiler und Schweben zwischen den Grubenbauen allerdings nicht mehr möglich.

Die Vorsorgemaßnahmen werden schnellstmöglich bei gleichzeitig bestmöglicher technischer Ausführung umgesetzt. Erst nach vollständiger Umsetzung aller Vorsorgemaßnahmen ist das jetzt noch maximal erreichbare Sicherheitsniveau für die Schachtanlage gegeben.

Die eigentlichen Notfallmaßnahmen sind erst nach Eintritt des Notfalls durchzuführen.

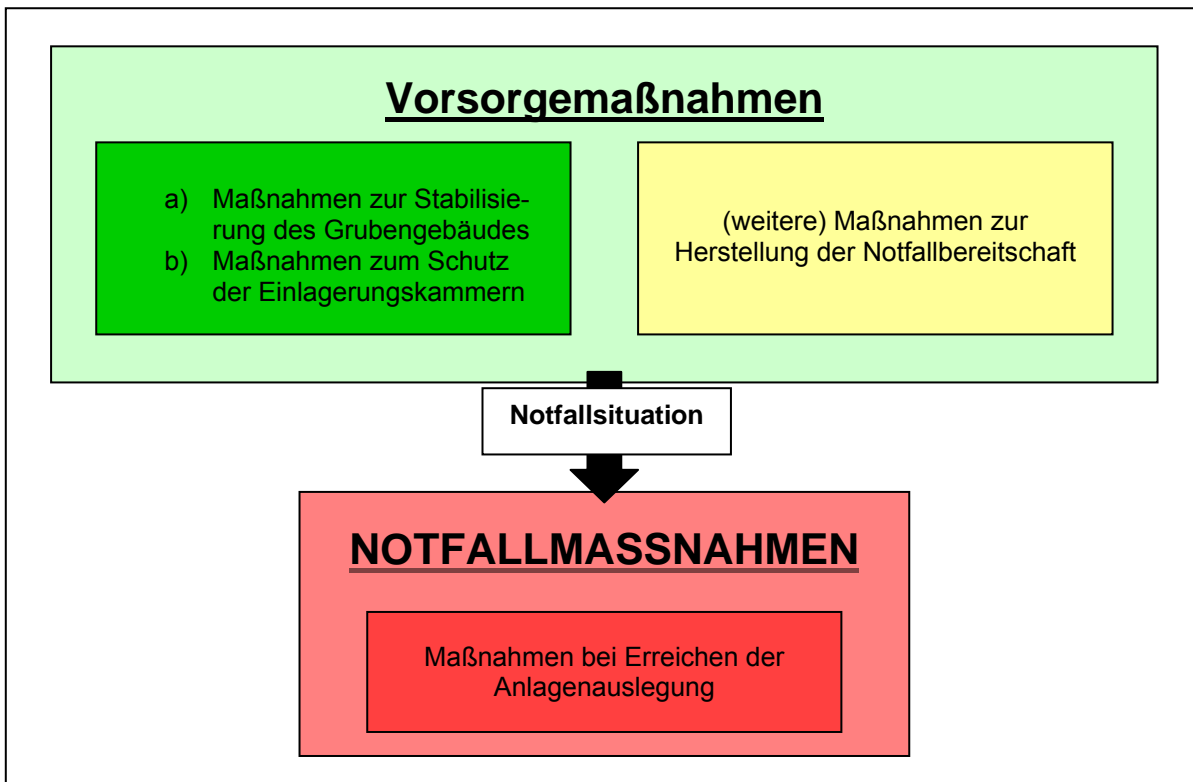


Abb. 3: Strukturierung der Maßnahmen in Abhängigkeit von der zeitlichen Umsetzbarkeit (verändert nach [ASSE-GMBH 2010b](#)).

Neben den „Maßnahmen zur Stabilisierung des Grubengebäudes“ und „Maßnahmen zum Schutz der ELK“ werden bauliche (Baustoffversorgung, Lösungsver- und -entsorgung), logistische (Notfalllager) und administrative Maßnahmen ergriffen welche die bestmöglichen Randbedingungen für die Reaktion auf einen Notfall ermöglichen. Erst wenn neben den Arbeiten unter Tage auch diese Maßnahmen umgesetzt sind, besteht die bestmögliche Notfallbereitschaft.

Der geplante Bauablauf der Vorsorgemaßnahmen orientiert sich an der konkreten standortbezogenen Gefährdung ([ASSE-GMBH 2009](#)), der erwarteten Wirksamkeit der Einzelmaßnahmen ([GRS 2010](#), [ASSE-GmbH 2010b](#)) und einer effizienten Umsetzung der Maßnahmen ([ASSE-GMBH 2010c](#)). Neben den als Teil der Vorsorgemaßnahmen durchgeführten Stabilisierungsmaßnahmen (Resthohlraum-verfüllung) werden weitere stabilisierende Maßnahmen im Teilprojekt „Firstspaltverfüllung“ umgesetzt. Die Firstspaltverfüllung ist fachlich als eine Maßnahme zur Minimierung der Eintrittswahrscheinlichkeit eines technisch nicht beherrschbaren Lösungszutritts einzustufen.

2.2.2 Neue Entwicklungen

Eine Neubewertung des gebirgsmechanischen Zustandes der Infrastrukturräume unter Tage durch die Asse-GmbH im Dezember 2011 ergab, dass zusätzliche Stabilisierungsmaßnahmen, die Verlagerung von Infrastrukturräumen sowie weitere zusätzliche Sanierungsmaßnahmen erforderlich sind, um während der Umsetzung der Vorsorgemaßnahmen einen sicheren Bergwerksbetrieb zu ermöglichen ([ASSE-GMBH 2011a](#), [ASSE-GMBH 2011b](#)). Diese Planungsänderungen waren Anlass zu einer Neubilanzierung der erforderlichen Baustoffmengen sowie des zeitlichen Ablaufes für die umzusetzenden Vorsorge- und Notfallmaßnahmen. Der

„Fachworkshop zum Sachstand der Rückholung“, abgehalten vom BfS am 18./19.01.2012 in Braunschweig, hat darüber hinaus ergeben, dass für die Rückholung weitere neue Infrastrukturräume am abzuteufenden Schacht 5 geschaffen werden müssen da die vorhandene bergbauliche Infrastruktur für die Rückholung nicht mehr nutzbar sein wird. Im Rahmen des „Fachworkshops zur Beschleunigung der Rückholung“ am 24./25.09.2012 in Wolfenbüttel wurde festgestellt, dass ein Zeitgewinn für die Rückholung erreicht werden kann wenn die Auffahrungen frühestmöglich beginnen und vom bestehenden Grubengebäude aus durchgeführt werden.

Nach Planungsstand 2011 war die vollständige Umsetzung der Vorsorgemaßnahmen einschließlich der Herstellung der Notfallbereitschaft bis 2019 vorgesehen. Aufgrund der o. a. Planungsänderungen sowie zunehmenden ressourcenbeanspruchenden Aufwendungen für die Erhaltung der Gebrauchstauglichkeit haben sich verschiedene Terminrisiken ergeben, die nicht vollständig durch Kompensationsmaßnahmen aufgefangen werden konnten. Allein die im Februar 2012 auf Grund erheblicher und tiefreichender Auflockerungen sowohl im Sohlen- als auch Firstniveau im Bereich der 637-m-Sohle erfolgte Sperrung der Wendelstrecke und die notwendige Sanierung dieses Streckenabschnitts ziehen erhebliche zeitliche Verzögerungen in der Umsetzung der Notfallvorsorgemaßnahmen nach sich. Weiterer Sanierungsbedarf wurde in der Wendestrecke zwischen der 725- und 750-m-Sohle sowie im Füllortbereich (Beladebereich des Förderkorbs) der 750-m-Sohle erkannt. Eine detaillierte Abschätzung dieser Auswirkungen hat die Asse-GmbH aktuell vorgenommen und dem BfS mit Bericht vom 01.11.2012 mitgeteilt. Dieser Bericht konnte vom BfS noch nicht abschließend geprüft werden. Basierend auf den in der Notfallplanung von Februar 2010 ([ASSE-GMBH 2010c](#)) vorgesehenen Maßnahmen wird nun unter Berücksichtigung der nunmehr zusätzlich erforderlichen Sanierungsmaßnahmen die Fertigstellung erst in 2022 erwartet. Damit wächst weiterhin die Notwendigkeit, Maßnahmen der Faktenerhebung und möglichst auch der Rückholung bereits vor Abschluss der Vorsorgemaßnahmen durchzuführen. Handlungsansätze hierzu wurden in dem vom BfS am 24./25.09.2012 in Wolfenbüttel veranstalteten „Fachworkshop zur Beschleunigung der Rückholung“ aufgezeigt:

- zum einen ist diskutiert worden, die Einlagerungskammer ELK 12/750 vom Bohrort im Abbau 5/750 (jetziger Bohrstandort für das Anbohren der Einlagerungskammer 7/750) auf der 750-m-Sohle oder von „oben“, d. h. von der 700-m-Sohle aus anzubohren. Dies bietet ggf. Beschleunigungspotenziale, da auf die zeitaufwendige Herrichtung des derzeit geplanten Bohrstandortes vor dieser ELK auf der 750-m-Sohle verzichtet werden könnte und darüber hinaus eine Entkoppelung von Faktenerhebung und Notfallvorsorge möglich wäre;
- zum anderen ist diskutiert worden, die in Schritt 2 der Faktenerhebung vorgesehene Öffnung der ELK 7/750 von dem Umsetzungsstand der Vorsorgemaßnahmen zu entkoppeln, zumal die Schutzwirkung des eigentlichen Kammerverschlusses im Falle eines nicht beherrschbaren Lösungszutritts als vernachlässigbar angesehen werden kann. Da der Kammerverschluss auch nicht Bestandteil des vorgesehenen Topfkonzeptes ist, wird dessen Wirksamkeit nicht beeinträchtigt. Der dadurch erzielte Zeitgewinn wurde in der Veranstaltung auf ein halbes Jahr abgeschätzt.

In einer konstruktiven Diskussion zwischen der AGO, der Asse GmbH und dem BfS ist es gelungen, Lösungen für offene Detailfragen der Notfallplanung zu erarbeiten. Das BfS hat einen Vorschlag der AGO aufgegriffen und wird die Überlegungen zur endgültigen Verfüllung der Schächte in einen Notfall überprüfen. Je nach Ablauf des Szenarios und jeweiligen Zustandes der Anlage kann es sinnvoll sein in den Schächten geeignete Überwachungsmaßnahmen oder Maßnahmen zur Steuerung des Flutungspegels durchzuführen. Auch hinsichtlich möglicher nachteiliger Effekte durch die Errichtung von Bauwerken aus Sorelbeton auf der 750-m-Sohle in Verbindung mit nicht vollständig oberhalb gefassten Lösungszutritten wurde eine Lösung

erarbeitet. Die Asse-GmbH hat Planungen aufgenommen, die bisher vorhandenen Drainagestellen für in die ELK eindringende Lösungen zu erhalten ohne dass die Wirksamkeit der geplanten Maßnahmen nachhaltig beeinträchtigt wird. Dazu sollen diese Bereiche von einer höher liegenden Sohle aus angebohrt werden und bis zu einer Rückholung offen gehalten werden. Damit wird das bisher bestehende System erhalten.

Beim „Fachworkshop zum Sachstand der Rückholung“ am 18./19.01.2012 in Braunschweig, wurde bzgl. des bergbaulichen Zustandes als ein Ergebnis festgehalten, dass Stabilisierungsmaßnahmen schnellstmöglich fortzusetzen, die Baufeldränder vorrangig zu stabilisieren und alle nicht mehr zwingend benötigten Hohlräume zu verfüllen sowie die Vorsorgemaßnahmen aus der Notfallplanung schnellstmöglich umzusetzen sind ([BFS 2012](#)). Die Verfüllung der ELK einschließlich vorbereitender Maßnahmen ist nur für den Fall eines technisch nicht beherrschbaren Lösungszutritts vorgesehen und ist derzeit nicht Bestandteil der Vorsorgemaßnahmen.

In der o.g., vom BfS noch nicht abschließend geprüften Planung der Asse-GmbH wurde ein neues Maßnahmenpaket berücksichtigt. Die Asse-GmbH hat basierend auf den bisherigen betrieblichen Erfahrungen bei der Durchführung von Verfüllbohrungen im Rahmen der Firstspaltverfüllung und insbesondere bei der Faktenerhebung vorgeschlagen, die Herstellung der Verfüllbohrungen in die Einlagerungskammern (nicht die Verfüllung der ELK selbst) als Vorsorgemaßnahme durchzuführen. Diese Arbeiten wurden neu in die Vorsorgemaßnahmen aufgenommen, da auf Basis der betrieblichen Erfahrungen (u. a. Faktenerhebung) nicht davon ausgegangen werden kann, dass die Bohrungen im Notfall rechtzeitig geteuft werden könnten. Durch das Vorziehen der Verfüllbohrungen kann ein im Notfall sehr wertvoller Zeitgewinn ermöglicht werden, zumal im Ereignisfall von einem eingeschränkten zeitlichen Rahmen (vgl. Abb. 1 und Abb. 2) auszugehen ist. Das BfS hat die Asse-GmbH gebeten, die Erstellung dieser Verfüllbohrungen in die Planung aufzunehmen. Diese Maßnahme der Notfallvorsorge wird nach der vorliegenden Abschätzung der Asse GmbH erst 2024 abgeschlossen sein. Die Bohrungen können darüber hinaus weitere wertvolle Erkenntnisse über den Zustand der ELK und der Schweben liefern und dienen damit auch einer Verbesserung des Kenntnisstands über die Ausgangssituation für die Rückholung. Angesichts der Bedeutung der Maßnahme wird zu diskutieren sein, ob diese nicht schon deutlich früher und in Zusammenhang mit Schritt 1 bzw. 2 der Faktenerhebung durchgeführt werden sollten.

2.3 WIRKSAMKEIT DER VORSORGE- UND NOTFALLMAßNAHMEN

Für die Beurteilung der Notwendigkeit von Vorsorge- und Notfallmaßnahmen sowie ihrer Wirksamkeit sind Aussagen über die radiologischen Konsequenzen beim Eintreten des Notfalls erforderlich. Hierfür sind sowohl die Konsequenzen für den Fall ohne Umsetzung jeglicher Vorsorge- und Notfallmaßnahmen als auch für den Fall nach kompletter Umsetzung abzuschätzen und vergleichend zu bewerten.

2.4 ABSCHÄTZUNG DER RADIOLOGISCHEN KONSEQUENZEN OHNE MAßNAHMEN

Zur Abschätzung der radiologischen Konsequenzen eines Notfalls in verschiedenen Szenarien ohne Vorsorgemaßnahmen liegen drei Sachverständigenstellungnahmen vor ([AF-Colenco 2009](#), [GRS 2009](#) und [ÖKO-INSTITUT 2011](#)). Die darin zugrunde gelegten Modellannahmen und erzielten Ergebnisse sind nachfolgend kurz dargestellt.

AF-Colenco 2009:

In der Unterlage [AF-Colenco \(2009\)](#) der AF-CONSULT SWITZERLAND vom 08.05.2009 wird in stark vereinfachender Weise die Dosis geschätzt, die bei einem unterstellten Absaufen des Grubengebäudes der Schachtanlage Asse II über den Expositionspfad „Trinkwasserkonsum“ auftreten kann.

Auf- und Umlösungsprozesse im Grubengebäude als Folge der an $MgCl_2$ und gegebenenfalls $NaCl$ untersättigten zutretende Deckgebirgslösung werden berücksichtigt. Als Folge der Auf- und Umlösungen werden die hydraulischen Verhältnisse in der Grube als nicht prognostizierbar eingeschätzt.

Die geochemischen Milieus in den Einlagerungskammern gelten als ebenfalls nicht prognostizierbar. Die Begrenzung der Mobilisierung von Radionukliden aus den Abfällen durch Löslichkeitsgrenzen und durch Sorption kann demzufolge nicht quantifiziert werden. Die aus den LAW vollständig mobilisierten Radionuklide liegen in Mg-reicher Lösung gelöst im unteren Bereich des Grubengebäudes vor, die Radionuklide aus den MAW in Mg-ärmerer Lösung (V_{NaCl}) im oberen Bereich des Baufelds in der Südflanke.

Lösungsbewegungen durch Konvergenz von Grubenbauen und Lösungshohlräumen, durch Gasbildung/-speicherung und durch Konvektion führen in Verbindung mit der nicht prognostizierbaren Permeabilitätsverteilung im Grubengebäude innerhalb von einigen Jahrzehnten zu einer nicht prognostizierbaren Verteilung der Radionuklide in der Grubenlösung.

Die Konvergenz von Grubenbauen und Lösungshohlräumen sowie Gasbildung führen zu einem Auspressen von Lösung aus dem Grubengebäude in das Deckgebirge. Es wird von anfänglichen Auspressraten im Bereich von rund $1.000 \text{ m}^3/\text{Jahr}$ bis etwa $10.000 \text{ m}^3/\text{Jahr}$ ausgegangen. Es wird unterstellt, dass die beiden Tagesschächte auch bei einem Absaufen der Grube noch ausreichend verschlossen werden können, um einen signifikanten Lösungsaustritt entlang der Schächte zu verhindern. Der Lösungsaustritt in das Deckgebirge erfolgt durch die Zone der desintegrierten Steinsalz-Barriere im Teufenbereich um 500 m bis 600 m.

Die hydraulischen Verhältnisse im Deckgebirge gelten als nicht prognostizierbar, nicht zuletzt wegen der starken und nicht im einzelnen quantifizierbaren gebirgsmechanischen Verformungen nach dem Absaufen. Die Ausbreitung der aus dem Grubengebäude ausgepressten, radionuklidhaltigen Lösung im Deckgebirge ist nicht im Detail prognostizierbar.

Unter diesen Randbedingungen erfolgt die Abschätzung der möglichen Strahlenexposition als Folge eines unterstellten Absaufens der Grube mit starken Vereinfachungen:

Mobilisierung: Das Radionuklidinventar geht vollständig in Lösung (keine Begrenzung der Löslichkeit). Die Mobilisierung erfolgt während 10 Jahren bis einigen Jahrzehnten.

Auspressung: Das Auspressen von Mg-reicher Lösung und damit der Austritt von Radionukliden aus den LAW in das Deckgebirge erfolgt verzögert. Selbst unter Berücksichtigung der wahrscheinlich höheren Auspressrate nach einem Absaufen und der möglichen Existenz von Wegsamkeiten durch die Zone der desintegrierten Steinsalz-Barriere bis in etwas größerer Teufe, wird von einer Verzögerung des Austritts von Radionukliden aus den LAW in das Deckgebirge um mehrere Jahrzehnte oder mehr ausgegangen.

Transport im Deckgebirge: Der Radionuklidtransport durch das Deckgebirge in oberflächennahes, genutztes Grundwasser oder Oberflächenwasser ist mit einer Verdünnung verbunden. Die Transportverzögerung im Deckgebirge beträgt ebenfalls mindestens einige Jahrzehnte.

Biosphäre: Für die Dosisabschätzung wird eine Strahlenexposition über den Trinkwasserpfad unterstellt. In jedem Falle setzt die Annahme einer intensiven Nutzung des radionuklidhaltigen oberflächennahen Grundwassers oder Oberflächenwassers einen niedrigen Salzgehalt voraus. Für die Abschätzung wird deshalb ein Verdünnungsfaktor von 1.500 angesetzt, entsprechend der Mindestverdünnung für eine Lösung mit einem Mg-Gehalt von 50 % des Werts in IP21-Lösung.

Zusammenfassend ergibt sich aus der Dosisabschätzung in [AF-Colenco \(2009\)](#) für den unterstellten Fall eines Absaufens der Grube eine potenzielle Strahlenexposition über den Trinkwasserpfad von einigen mSv/Jahr bis rund 10 mSv/Jahr (Tab. 1). Die wirksamsten Rückhalteeffekte, die Rückhaltung von Radionukliden durch Sorption an Feststoffen des Abfalls und im Deckgebirge, sind in dieser Abschätzung nicht berücksichtigt. Die tatsächliche Strahlenexposition bei einem Absaufen des Grubengebäudes wäre laut [AF-Colenco \(2009\)](#) somit niedriger, allerdings in nicht quantifizierbarem Maße.

Tab. 1: Ergebnisse der Dosisabschätzung, angegeben in [mSv/a] (nach [AF-Colenco 2009](#)).

Dosis für den Trinkwasserpfad in mSv/a		Transportverzögerung			
		50 Jahre	100 Jahre	300 Jahre	1000 Jahre
$V_{\text{NaCl}} = 150\,000\text{ m}^3$	LAW	-	9	7	4
	MAW	13	8	5	3
	Total	13	8 – 9	5 – 7	3 – 4
$V_{\text{NaCl}} = 300\,000\text{ m}^3$	LAW	-	10	7	4
	MAW	7	4	2	1
	Total	7	4 – 10	2 – 7	1 – 4

GRS 2009:

Die Unterlage [GRS \(2009\)](#) wurde am 21.04.2009 im Zuge des Genehmigungsverfahrens nach § 7 StrlSchV als flankierende Unterlage durch die GRS Braunschweig erstellt. In dem Bericht wird mit Hilfe einfacher, möglichst konservativer Abschätzungen untersucht, welche radiologischen Auswirkungen zu erwarten sind, wenn sich die Zutrittsrate aus dem Deckgebirge auf unter den Randbedingungen der Asse technisch nicht beherrschbare Werte erhöht. Die zu erwartenden Auswirkungen werden nicht mit detaillierten Modellrechnungen, sondern mit Hilfe von Abschätzungen und verbalen Argumenten bewertet.

Die Auswirkungen eines solchen Zutritts von Deckgebirgslösung werden über berechnete Radionuklidkonzentrationen im oberflächennahen Grundwasser bzw. Oberflächenwasser abgeschätzt, wobei die Ergebnisse in potenzielle Strahlenexpositionen umgerechnet werden.

Die Umlösung von anstehenden Gesteinen durch die zutretende Deckgebirgslösung wird in die Betrachtungen einbezogen unter der Annahme, dass die zutretende Deckgebirgslösung an NaCl gesättigt bleibt. Die Untersuchung berücksichtigt auch die zurzeit vorgesehenen Stabilisierungsmaßnahmen, wie die Verfüllung der Resthohlräume in den Firstspalten. Unter der Annahme einer geeigneten Verfüllung der MAW-Kammer werden die Auswirkungen einer Verzögerung der Mobilisierung und die Wirksamkeit von Löslichkeitsgrenzen untersucht.

Auch bei Eintreten des Notfalls (nicht beherrschbare Zutrittsraten) wird unterstellt, dass die folgenden bautechnischen Maßnahmen noch umgesetzt werden können:

- Verfüllen noch nicht vollständig verfüllter Einlagerungskammern und angrenzender Grubenbereiche,
- Einbau von Schachtverschlüssen.

Den Abschätzungen liegen die folgenden Annahmen zugrunde:

Mobilisierung: Unter der Voraussetzung, dass für ein Ersaufensszenario keine Prognose der Lösungsbewegungen in den LAW-Einlagerungskammern vorliegt, ist der Nachweis des

chemischen Milieus nicht möglich. Es wird demnach angenommen, dass sich der zur Verfüllung unterstellte Versatzstoff chemisch inert verhält. Dagegen gibt es bei einer hochwertigen Verfüllung der MAW-Kammer Erkenntnisse über die Lösungsbewegungen in der Kammer, die auch bei einem nicht beherrschbaren Lösungszutritt einbezogen werden können. Daher wird für die MAW-Kammer zusätzlich ein Fall untersucht, der eine chemisch wirksame Verfüllung mit Sorelbeton (oder mit einem anderen geeigneten Material) unterstellt. Im Basisfall wird angenommen, dass das gesamte Grubengebäude mit Lösung gefüllt ist und dass die Radionuklide aus allen Einlagerungsbereichen nach instantaner Mobilisierung in der Grubenlösung homogen verteilt sind. In Varianten werden eine verzögerte Mobilisierung sowie Rückhalteeffekte (in der MAW-Kammer) betrachtet.

Auspressung: Konvergenz und Gasbildung werden nicht explizit in den Rechnungen berücksichtigt, da die Kenntnisse über die zukünftige Entwicklung dieser Prozesse unter den Randbedingungen eines nicht beherrschbaren Lösungszutritts als nicht ausreichend angesehen werden. Der Austritt von radioaktiv kontaminierten Salzlösungen aus dem Grubengebäude erfolgt an der Südflanke im oberen Bereich des Lösungszutritts in ca. 500 m Teufe. Bei den angenommenen hohen Zutrittsraten der Deckgebirgslösung wird unterstellt, dass der Strömungswiderstand im Deckgebirge gering ist, so dass das Auspressen radioaktiv kontaminierter Lösung aus der Grube in das Deckgebirge ebenfalls mit einer hohen Rate erfolgt (10.000 m³/Jahr). Es wird eine geringe Transportverzögerung auf Grund des Volllaufens der Grube unterstellt.

Transport im Deckgebirge: Die Ausbreitung der aus dem Grubengebäude austretenden Lösungen im Deckgebirge wird nicht berücksichtigt. Es wird angenommen, dass die aus der Grube austretende Lösung direkt in das oberflächennahe Grundwasser gelangt, das in die Biosphäre übertritt. Eine Rückhaltung von Radionukliden im Deckgebirge wird nicht berücksichtigt.

Biosphäre: Für die Verdünnung der aus dem Grubengebäude austretenden Lösungen wird angenommen, dass die Salzkonzentrationen bis auf Trinkwasserqualität verdünnt werden, bevor solche Wässer in die Nahrungskette gelangen. Zur Abschätzung der Verdünnung wird die Trinkwasserverordnung herangezogen. Unter der Annahme einer aus der Grube freigesetzten R-Lösung wird daraus ein Verdünnungsfaktor von 1.100 abgeschätzt. Als Dosiskonversionsfaktoren (DKF) werden diejenigen aus den aktuellen Berechnungen des Sicherheitsnachweises für das Endlager für Radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM) verwendet, die in Anlehnung an die Allgemeinen Verwaltungsvorschrift (AVV 2005) berechnet wurden. Insbesondere für Th-232 und Cs-137 führen diese endlagerspezifischen Annahmen zu deutlich höheren DKF als über den reinen Trinkwasserpfad.

Die Ergebnisse der Berechnungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Die Gesamtmaxima der potenziellen Strahlenexpositionen überschreiten den Wert von 10 mSv/a in allen Fällen deutlich;
- Die Beiträge der Radionuklide aus den LAW sind im Fall der homogenen Verteilung im initialen Lösungsvolumen größer als die aus den MAW;
- Für die MAW-Kammer lassen sich die radiologischen Konsequenzen bei einem nicht beherrschbaren Zutritt von Deckgebirgslösung reduzieren, wenn der unverfüllte Resthohlraum mit Sorelbeton oder einem anderen geeigneten Material vollständig verfüllt und dadurch ein günstiges chemisches Milieu stabil eingestellt wird;
- Für die Abfälle in den LAW-Kammern hängt die potenzielle Strahlenexposition stark von den getroffenen Annahmen ab:

- Bei geringeren verdünnungswirksamen Volumina bzw. initialen Poren- oder Lösungsvolumina in der Grube und unter der Annahme einer vollständigen Lösung des Inventars in dem Volumen ist das Gesamtmaximum der potenziellen Strahlenexposition größer,
- Bei größerer Verweilzeit der Radionuklide in der Grube, d. h. bei kleinerer durchschnittlicher Zutrittsrate von Deckgebirgslösungen während des Volllaufens, nimmt das Gesamtmaximum der potenziellen Strahlenexposition – zumindest geringfügig – ab,
- Wird eine Kanalisierung des Radionuklidtransports – welcher Art auch immer – unterstellt, sind die Konsequenzen größer als bei homogener Verteilung der Radionuklide in der gesamten Grube;
- Die berechneten potenziellen Strahlenexpositionen hängen bezüglich des Transports im Deckgebirge und in der Biosphäre von mehreren relevanten Faktoren ab, die in den vorliegenden orientierenden Abschätzungen nur vereinfacht oder gar nicht berücksichtigt wurden:
 - Verdünnung im Deckgebirge: Diese Verdünnung wurde hier nicht berücksichtigt, tritt aber – in unbekannter Ausprägung – immer auf. Ihre Berücksichtigung würde die berechneten Konsequenzen verringern,
 - Transportpfade im Deckgebirge: Auch bei hohen Auspressraten bzw. großen Volumenströmen aus dem Grubengebäude ist eine Ausbreitung der Radionuklide über verschiedene Pfade im Deckgebirge möglich. Die Berücksichtigung solcher Pfade kann zu niedrigeren berechneten Konsequenzen führen,
 - Ausbreitungspfade in der Biosphäre: Die verwendeten Dosiskonversionsfaktoren sind für einige Radionuklide als stark konservativ einzustufen.

Öko-Institut 2011:

Das Öko-Institut wurde im Rahmen der Unterstützung des BMU bei der Aufsicht über Betrieb und Stilllegung der Asse mit der Neuberechnung der Auswirkungen eines technisch nicht beherrschbaren Lösungszutritts in der Asse beauftragt ([ÖKO-INSTITUT 2011](#)). Die Neuberechnung erfolgt vor dem Hintergrund der in [GRS \(2009\)](#) und [AF-COLENCO \(2009\)](#) vorgelegten Berechnungen unter teils geänderten Annahmen.

Zur Bewertung der Strahlenexposition in Folge eines nicht beherrschbaren Lösungszutritts wurde vom Öko-Institut ein eigenes radioökologisches Modell entwickelt, welches die Radionuklidmigration im Deckgebirge, den Eintrag in nutzbares Grundwasser und die Strahlenexposition bei Nutzung dieses Grundwassers beschreibt.

In die Neuberechnungen gehen im Gegensatz zu [GRS \(2009\)](#) insbesondere folgende zusätzlichen Sachverhalte und geänderten Randbedingungen ein:

Es gibt in der Realität für den betrachteten Zeitraum kein Gleichgewicht zwischen Neueinträgen an Radionukliden auf berechneten Flächen und der Migration der Radionuklide in Bodenbereiche, in denen sie nicht mehr pflanzenverfügbar sind. Deswegen werden die radiologischen Folgen ausgehend von Neueinträgen jedes Einzeljahrs sowie den noch vorhandenen Alteinträgen ermittelt (radioökologisches Modell), DKF werden dabei nicht verwendet. Der Dosisermittlung zu einem

bestimmten Zeitpunkt liegt nur die bis zu diesem Zeitpunkt in die Biosphäre eingetragene Menge an radioaktiven Stoffen zugrunde.

In einer ersten Berechnung werden Annahmen und Parameter in Anlehnung an den Entwurf der AVV zu § 47 StrlSchV ([AVV 2005](#)) getroffen. In einer zweiten Berechnung parallel dazu erfolgt eine Anlehnung an die Annahmen und Parameter der Berechnungsgrundlagen Bergbau ([BGLBB 2010](#)). Diese Berechnungen gehen von weniger extremen Lebensgewohnheiten der Referenzpersonen aus.

Löslichkeitsgrenzen für Radionuklide und deren Sorption sowie Retardation bei ihrem Transport in die Biosphäre werden berücksichtigt.

Für den Transport im Deckgebirge erfolgt die Berücksichtigung räumlicher und zeitlicher Randbedingungen für die Freisetzung von Aktivität in die Biosphäre (Deckgebirgsmodell). Dabei werden zwei geologische Störungen als mögliche Freisetzungswege betrachtet. Der Einfluss der Geschwindigkeit austretender Lösungen und unterschiedlicher Dispersionskoeffizienten werden diskutiert.

Es werden weiterhin folgende Annahmen getroffen:

Mobilisierung: Es wird analog zu [GRS \(2009\)](#) von einem „Rührkesselmodell“ ausgegangen, d. h. Konzentrationsgradienten sowie zeitlich unterschiedliche Konzentrationen von Radionukliden während des sich mit Zutrittsflüssigkeit füllenden Grubengebäudes werden nicht berücksichtigt.

Auspressung: Es wird wie in [GRS \(2009\)](#) davon ausgegangen, dass noch nicht vollständig verfüllte Einlagerungskammern und angrenzende Grubenbereiche verfüllt sind und Schachtverschlüsse eingebaut sind. Die Annahmen zur Durchführung einer Firstspaltverfüllung entsprechen denen in [GRS \(2009\)](#). Der Lösungszutritt erfolgt ebenso wie in [GRS \(2009\)](#) in die Südflanke im Teufenbereich zwischen 574 m und 500 m. Der Austritt der radioaktiv kontaminierten Salzlösung in das umgebende Gebirge erfolgt bei ca. 500 m Teufe aus der Südflanke. Bei der Modellierung werden Auspressraten und Strömungsgeschwindigkeiten innerhalb eines als plausibel angenommenen Bereichs variiert.

Transport im Deckgebirge: Für die Untersuchungen zum Austrag der Radionuklide aus dem Grubengebäude durch das Deckgebirge wurden zwei kritische Fließpfade – bevorzugte Wegsamkeiten für Radionuklidtransport – ausgewählt. Für die durchgeführten Modellberechnungen wurden analytische Lösungen der 2D- und 1D-Dipersions-Konvektions-Transportgleichung herangezogen. Die Sorptionseigenschaften des durchströmten Gesteins für die Rückhaltung von Radionukliden fließen in die Berechnung des Transportes in Form von Retardationsfaktoren ein.

Biosphäre: Die Ermittlung der Strahlenexposition erfolgt mit Hilfe eines eigens angepassten radioökologischen Modells. Die verwendeten Parameterwerte wurden entsprechend [AVV \(2005\)](#) und [BGLBB \(2010\)](#) ausgewählt.

Je nach Szenario variieren die Annahmen zur Mobilisierung und Freisetzung, zum Transport der Radionuklide und zur Anreicherung und Strahlenexposition. Für die Modellierung werden zwei grundlegende Szenarien unterschieden:

- Szenario I: Instantane Mobilisierung, keine Berücksichtigung von Löslichkeitsgrenzen, keine Sorption und Retardation im Deckgebirge, uneingeschränkte Nutzung radioaktiv kontaminierten Grundwassers,

- Szenario II: Berücksichtigung von Löslichkeitsgrenzen sowie von Sorption und Retardation im Deckgebirge, uneingeschränkte Nutzung radioaktiv kontaminierten Grundwassers.

Innerhalb der Szenarien werden einzelne Annahmen und Parameter variiert.

Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Die für das Szenario I ermittelten Strahlenexpositionen sind geringer als in [GRS \(2009\)](#). Sie betragen aber auch bei Berücksichtigung von Lebensgewohnheiten analog den Berechnungsgrundlagen Bergbau noch bis zu 20 mSv im Jahr effektive Dosis für Erwachsene und bis zu 160 mSv im Jahr effektive Dosis für das Kleinkind im Alter ≤ 1 Jahr.

Werden in Szenario II geringere Abstandsgeschwindigkeiten angesetzt und die Sorption stärker berücksichtigt, so ergeben sich deutlich geringere Strahlenexpositionen. Die effektive Dosis für das Kleinkind im Alter ≤ 1 Jahr beläuft sich dann noch auf etwa 0,05 mSv bis 0,1 mSv im Jahr, die für Erwachsene auf etwa 0,02 mSv bis 0,04 mSv im Jahr. Bei Lebensgewohnheiten in Anlehnung an die Berechnungsgrundlagen Bergbau sind die ermittelten Strahlenexpositionen nochmals um einen Faktor 3 bis 4 geringer.

Tab. 2: Bandbreiten der maximalen Strahlenexpositionen der Abschätzungen zum Notfall.

	ANNAHMEN	DOSIS ca.
AF-Colenco (2009)	<ul style="list-style-type: none"> - verzögerte Mobilisierung - keine Sorption im Deckgebirge - geringe Transportverzögerung im Grubengebäude/Deckgebirge - Verdünnung auf Trinkwasserqualität - DKF nur für den Trinkwasserpfad nach AVV 	1 ... 13 mSv/a
GRS (2009)	<ul style="list-style-type: none"> - instantane Mobilisierung - keine Sorption im Deckgebirge - keine Transportverzögerung im Deckgebirge - Verdünnung auf Trinkwasserqualität - Dosiskonversionsfaktoren (DKF) nach AVV (konservativ) - keine Löslichkeitsbegrenzung (konservativ) - versch. „Worst-case“-Szenarien (u. a. Kanalisierung) 	500 ... 2.000 mSv/a
Öko-Institut (2011)	<ul style="list-style-type: none"> - Szenario I: analog zu GRS (2009), jedoch teilweise korrigiert (Inventar, Löslichkeiten, DKF) - Szenario II: eigene Annahmen, radioökologisches Modell, Deckgebirgsmodellierung, Sorption im Deckgebirge 	(I) 10 ... 500 mSv/a (II) 0,01 ... 0,1 mSv/a

2.5 ABSCHÄTZUNGEN ZUR WIRKSAMKEIT DER MAßNAHMEN

Die Bewertung der Wirksamkeit von Vorsorge- und Notfallmaßnahmen erfolgte durch die Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Braunschweig, in [GRS 2010](#). Die nachfolgende Kurzdarstellung entstammt der Zusammenfassung des Berichtes.

Die vorliegende Stellungnahme bewertet für ausgewählte Einzelmaßnahmen der Notfallplanung deren Relevanz bezüglich der langzeitigen Freisetzung von Radionukliden aus dem Grubengebäude.

Je nach Anzahl der realisierten Einzelmaßnahmen stellt sich ein Systemzustand ein, der in den Einlagerungskammern und in deren Nahbereich zu einem bestimmten geochemischen Milieu führt. Für eine Reihe von Systemzuständen wurden das geochemische Milieu und seine Langzeitentwicklungen abgeschätzt. Aus diesen Ergebnissen wurden maximale Konzentrationen sicherheitsrelevanter Radioelemente abgeleitet, die als Quellterm für den Transport von Radionukliden aus den Einlagerungsbereichen verwendet wurden.

In Modellrechnungen zur Ausbreitung von Radionukliden im Grubengebäude wurden für die verschiedenen Systemzustände die aus dem Grubengebäude in das Deckgebirge freigesetzten Radionuklidinventare ermittelt. Durch Vergleich dieser berechneten Inventare für unterschiedliche Systemzustände wurde auf die Relevanz der Einzelmaßnahmen geschlossen.

Die Gesamtheit aller Vorsorge- und Notfallmaßnahmen führt zu einer relevanten Rückhaltung der Radionuklide in den Einlagerungsbereichen im Falle eines technisch nicht beherrschbaren Lösungszutritts. Die Verfüllung der MAW-Einlagerungskammer 8a/511 mit Sorelbeton, die Verfüllung aller LAW-Einlagerungskammern und die Abdichtung der ELK 1/750, 2/750 und 12/750 sowie der ELK 7/725 nebst Abbauen 6/725 und 8/725 gegenüber den darüber liegenden Sohlen haben sich als wesentliche Maßnahmen herausgestellt.

In Abb. 4 wird dargestellt, wie groß der Beitrag der Einzelmaßnahmen im Vergleich zum Gesamtergebnis ist. Die Abbildung zeigt das ins Deckgebirge ausgetragene kumulierte Inventar (bezogen auf das in den jeweiligen Szenarien mit größtem Maximalwert ausgetragene Einzelnuclid) und beinhaltet folgende Szenarien:

- „ohne Abdichtung“: Ein Grenzfall, der die Situation bzw. den Systemzustand, welche(r) beim zeitnahen und schnellen Verlassen der Grube vorliegen wird und nur die Realisierung der Notfallmaßnahmen einbezieht, abbildet;
- „alle Maßnahmen“: Der andere Grenzfall, welcher die Situation bzw. den Systemzustand, welche(r) bei einem geordneten Verlassen der Grube vorliegen wird und die Realisierung aller Vorsorge- und Notfallmaßnahmen einbezieht, abbildet;
- „nur Sorelbeton“: Ein Rechenfall (*Wenn-dann-Fall*), bei dem wie im Rechenfall „ohne Abdichtungen“ keine Vorsorgemaßnahmen realisiert sind, aber alle Hohlräume von der 775-m- bis zur 725-m-Sohle (einschließlich Einlagerungsbereichen) mit Sorelbeton verfüllt sind;
- „ex. Blindschächte“: Ein Rechenfall (Variante), bei dem wie im Rechenfall „alle Maßnahmen“ die übrigen Vorsorgemaßnahmen realisiert sind, jedoch die Blindschächte 1, 2 und 3 nicht abgedichtet sind;
- „ex. Verfüllung ELK“: Ein Rechenfall (Variante), bei dem wie im Rechenfall „alle Maßnahmen“ alle Vorsorgemaßnahmen realisiert sind, aber die LAW-Einlagerungskammern nicht verfüllt sind.

Austrag von Radionukliden ins Deckgebirge

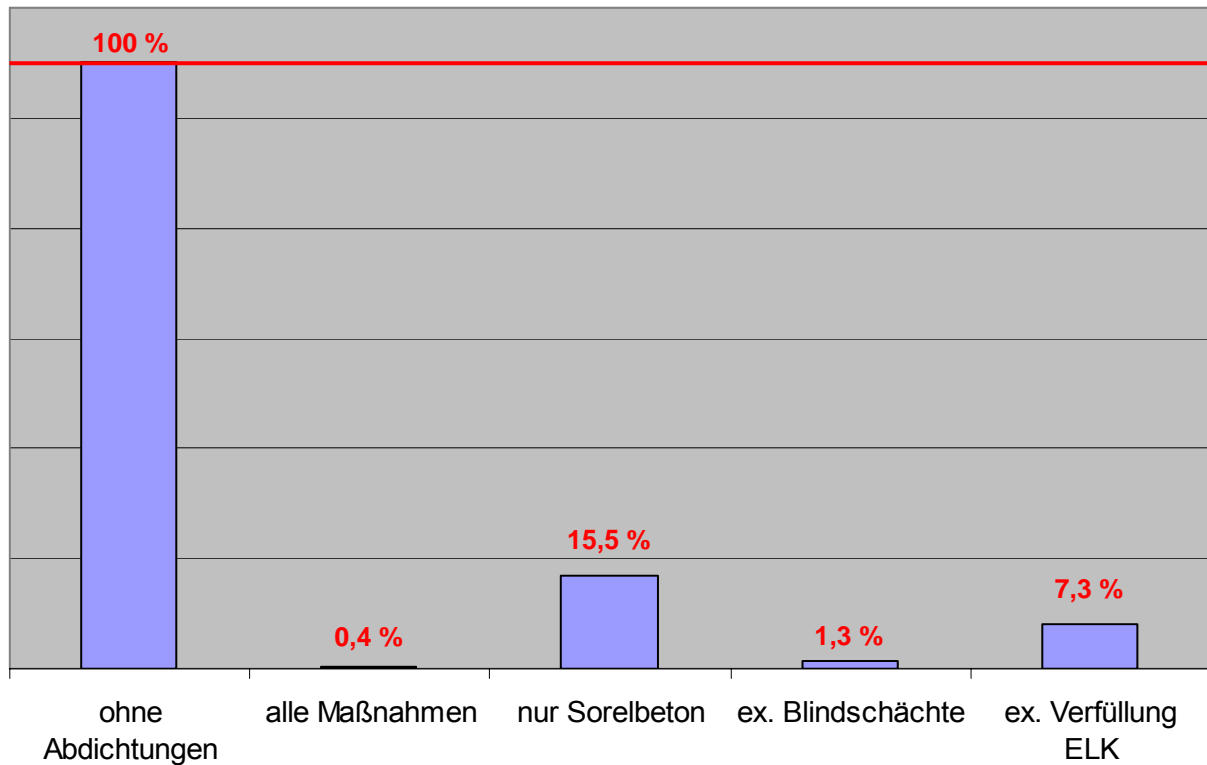


Abb. 4: Vergleichende Darstellung der vorgesehenen Maßnahmen in ihrer Wirksamkeit bzgl. eines möglichen Austrags von Radionukliden ins Deckgebirge; [„ex.“: exklusive].

Aus der Darstellung der Ergebnisse ist abzulesen, dass durch die Umsetzung aller Vorsorge- und Notfallmaßnahmen die kumulierte Nuklidbelastung im Deckgebirge im Vergleich zum Absaufen ohne Maßnahmen um mehr als zwei Größenordnungen (etwa Faktor 200) verringert werden kann. Weiterhin ist erkennbar, dass ein Verzicht auf die Verfüllung der Einlagerungskammern im Notfall (Rechenfall 5) eine Erhöhung der Belastung im Deckgebirge um mehr als eine Größenordnung (etwa Faktor 20) im Vergleich zur Umsetzung dieser Maßnahme (Rechenfall 2) bewirkt. Diese Ergebnisse belegen aus Sicht des BfS deutlich die Wirksamkeit der geplanten Maßnahmen im Hinblick auf die Begrenzung des Nuklidaustrages nach Eintritt eines technisch nicht beherrschbaren Lösungszutritts. Die hier vorgestellten Maßnahmen können durchaus um alternative Maßnahmen ergänzt werden, allerdings muss deren Funktionsfähigkeit ebenfalls nachgewiesen werden.

3 ZUSAMMENWIRKEN DER NOTFALLVORSORGE MIT DER FAKTENERHEBUNG UND RÜCKHOLUNG

Um das Zusammenwirken der Notfallvorsorge mit der Faktenerhebung und Rückholung der radioaktiven Abfälle beurteilen zu können, ist der momentane Stand der umzusetzenden Vorsorgemaßnahmen zu betrachten. Dieser stellt sich im Einzelnen wie folgt dar:

Aktueller Sachstand zur Umsetzung der Vorsorgemaßnahmen und Situation im Grubengebäude

Firstspaltverfüllung im Baufeld an der Südflanke – 725- bis 490-m-Sohle: Zur Stabilisierung des Baufeldes an der Südflanke wurden von Dezember 2009 bis Oktober 2012 in 33 der Salzgrus versetzten Abbaue die Firstspalte vollständig und in 4 Abbauen zum Teil mit insgesamt etwa 42.000 m³ Sorelbeton verfüllt. Aus der Volumenbilanzierung ergibt sich, dass die genannten 37 Abbaue zu 97 % mit Salzgrus und zu 3 % mit Sorelbeton versetzt worden sind.

Firstspaltverfüllung im Baufeld im Sattelkern auf der 775-m-Sohle: Zur Stabilisierung des Baufeldes im Sattelkern wurden von Mai 2012 bis Oktober 2012 in 5 der mit Salzgrus versetzten Abbaue die Firstspalte mit insgesamt etwa 5.000 m³ Sorelbeton verfüllt.

Verfüll- und Abdichtmaßnahmen zum Schutz der Einlagerungskammern: Auf der 775-m-Sohle sind die Verfüll- und Abdichtmaßnahmen in horizontalen Streckenabschnitten weitestgehend abgeschlossen. Die abzudichtenden vertikalen Verbindungen unterhalb der 750-m-Sohle im Blindschacht 2 und 4, im Schacht 4 sowie in 2 Gesenken und diversen Bohrungen sind mit Sorelbeton verfüllt. Derzeit laufen noch Abdichtinjektionen zur Vergütung von aufgelockerten Gebirgsbereichen im Bereich dieser Bauwerke. Auf der 750-m-Sohle wurden im Westen Streckenabschnitte zwischen dem Carnallit-Baufeld und dem Sattelkern abgedichtet. Derzeit laufen die Vorbereitungen zur Abdichtung einer Erkundungsstrecke, die aus dem Abbau 3/750 nach Süden bis nahe an die Deckgebirgsschichten reicht. Insgesamt wurden seit 2005 bis Oktober 2012 unterhalb der 725-m-Sohle etwa 106.000 m³ Sorelbeton eingebracht.

Anlagentechnik zur Verbesserung des Lösungsmanagements: Es wurden auf der 725-m-Sohle zusätzliche Fassungsmöglichkeiten geschaffen und vorhandene Fassungen saniert. Auf der 800-m-Sohle wurden 3 Sumpfstrecken aufgefahren, eine 4. befindet sich in der Erstellung, um bei technischen Störungen an den Fassungssystemen in diesen Lösungen zwischenspeichern zu können.

Notfalllager: Die über- und untertägigen Notfalllager sind eingerichtet und einsatzbereit.

Anlage zur Annahme von Lösungen (AFL I + AFL II): Derzeit wird übertägig die AFL I errichtet. Diese soll den Transport von MgCl₂-Lösung nach unter Tage für die Produktion von Sorelbeton sicherstellen. Die zweite Abgabestelle für Zutrittslösung (AFL II) wird in diesem Rahmen realisiert.

Zusätzliche Maßnahmen zum Erhalt der Gebrauchstauglichkeit von Infrastrukturräumen: Die gebirgsmechanische Situation im Baufeld an der Südflanke, insbesondere am oberen Baufeldrand und in Teilen der Wendel sowie in Teilen zwischen der 725- und 775-m-Sohle, führt durch die ablaufenden gebirgsmechanischen Schädigungsvorgänge zu einer sich verschlechternden Gebrauchstauglichkeit der in Nutzung befindlichen Infrastrukturräume. Daher sind zusätzliche Verfüll- und Sanierungsarbeiten sowie umfangreiche Überwachungsprogramme („Monitoring“) zu planen und durchzuführen. Für folgende Bereiche liegen bereits Erkenntnisse vor, die Sanierungs- und Sicherungsmaßnahmen mit Auswirkungen auf den Gesamtterminplan erfordern:

Wendelstrecke im Bereich der 637-m-Sohle: Zur mittelfristigen Erhaltung der Gebrauchstauglichkeit sind zwei nördliche Umfahrungen der gesperrten Streckenkreuze (im Sohlen- und Firstniveau), eine zusätzliche Strecke zum Anschluss der Abbaubegleitstrecke nach Osten sowie diverse Verfüllmaßnahmen vorgesehen.

Wendelstrecke 725- bis 775-m-Sohle: Der Schädigungszustand der Wendelstrecke wurde erkundet. Aus heutiger Sicht sind umfangreiche Verfüll-, Sicherungs- und Monitoringmaßnahmen zur Überwachung bzw. der Erhaltung der Gebrauchstauglichkeit erforderlich. Dies kann zu einer temporär stark eingeschränkten Nutzbarkeit der Wendelstrecke unterhalb der 725-m-Sohle führen.

Füllortbereich Schacht 2 auf der 750-m-Sohle: Der Zustand des Schachtes 2 unterhalb der 725-m-Sohle und insbesondere des Füllortbereiches der 750-m-Sohle wurde umfangreich analysiert. Aufgrund der vorliegenden Erkenntnisse wurde ein entsprechendes Sanierungskonzept erarbeitet. Mittelfristig ist eine Wiedereinrichtung bzw. Neuauffahrung eines Füllortes oberhalb der 700-m-Sohle vorzusehen. Bis dahin sind umfangreiche Sanierungs- und Verfüllmaßnahmen zur Erhaltung der Gebrauchstauglichkeit des Füllortes auf der 750-m-Sohle einzuplanen.

Rückzug aus Infrastrukturräumen auf der 490- und 511-m-Sohle: Aufgrund der gebirgsmechanischen Gefährdungsanalyse des IfG ([IFG 2009](#)) ist ein zügiger Rückzug aus den Infrastrukturräumen in den Abbauen der 490- und 511-m-Sohle vorzusehen. Bis zum Abschluss des Rückzuges sind die Bereiche durch umfangreiche Monitoringprogramme hinsichtlich ihrer Gebrauchstauglichkeit zu überwachen.

Derzeit wird davon ausgegangen, dass der Abbau 3/490 nach Betriebsbereitschaft der über Tage zu errichtenden Anlage zur Förderung von Lösungen (AFL II) geräumt und anschließend verfüllt wird. Der vollständige Rückzug aus weiteren Infrastrukturbereichen der 490- und 511-m-Sohle ist ab 2020 vorgesehen.

In Abhängigkeit von den Ergebnissen des Monitorings können ein vorzeitiger Rückzug aus Infrastrukturbereichen oder die Umsetzung weiterer vorgezogener Verfüllmaßnahmen zur Stabilisierung erforderlich werden.

Bewertung der aktuellen Situation

Im Baufeld an der Südflanke hat sich die querschlägige Pfeilerstauchungsrate generell weiterhin degressiv entwickelt. Im Bereich des Pfeilerstauchungsmaximums ist die Pfeilerstauchungsrate von 2009 bis 2012 von 120 mm/Jahr auf 90 mm/Jahr zurückgegangen. Trotz dieses Rückgangs sind die Vorformungsraten immer noch auf einem sehr hohen Niveau und führen zu weiteren Schädigungen an den Tragelementen und vermutlich auch im Deckgebirge. Um dem entgegenzuwirken, sind weitere Verfüllungen mit Sorelbeton zur Stabilisierung des Tragsystems insbesondere auch im Bereich der Einlagerungskammern notwendig.

Aus der Entwicklung der im gesamten Grubengebäude gefassten Lösungen ist abzuleiten, dass die Zutrittsrate von Lösungen aus dem Deckgebirge weiterhin bei ca. 12 m³/Tag liegt. Von 2009 bis 2012 hat sich der im Abbau 3/658 gefasste Anteil an den insgesamt im Baufeld an der Südflanke aufgefangenen Lösungen von 90,4 % auf 92,9 % erhöht. In diesem Zeitraum ist die Auffangrate auf der 725-m-Sohle von 9,2 % auf 6,8 % und auf der 750-m-Sohle von 0,4 % auf 0,3 % zurückgegangen. Der Chemismus der gefassten Lösungen ist weitgehend unverändert. Fast die

gesamte Lösungsmenge wird in der Abbaureihe 3 gefasst. Derzeit werden in den Abbaureihen 2 und 4 zusammen weniger als 50 l/Tag gefasst. Diese Entwicklung belegt, dass sich die Funktionalität der Fassungssysteme trotz der ablaufenden Schädigungsprozesse erhalten geblieben ist. Die durchgeführten ersten Maßnahmen zur Verbesserung der Fassungssysteme auf der 725-m-Sohle haben dies unterstützt.

4 KONZEPTSKIZZE FÜR DIE RÜCKHOLUNG DER RADIOAKTIVEN ABFÄLLE

In der nachfolgenden Konzeptskizze werden mögliche Randbedingungen und Vorgehensweisen für die Durchführung der Rückholung dargestellt und diskutiert. Die genaue Realisierung der Rückholung wird nur durch konkrete Planungen zu beschreiben sein. Diese Planungen werden im Zuge der Faktenerhebung erstellt bzw. fortgeschrieben und können von den nachfolgend skizzierten Vorstellungen letztendlich abweichen. Daher kann an die Konzeptskizze nicht ein ingenieurtechnischer oder wissenschaftlicher Anspruch gestellt werden, der einer vollständig durchgeplanten Konzeptplanung entspricht.

Die vorliegende Konzeptskizze basiert auf bereits im BfS angestellten Planungen und berücksichtigt die Ergebnisse des „Fachworkshops zur Beschleunigung der Rückholung“, abgehalten am 24./25.09.2012 in Wolfenbüttel. Hier wurden Ideen entwickelt, die zu einer Entflechtung der notwendigen bergbaulichen Maßnahmen und damit zur Beschleunigung ohne Verlust an Sicherheit beitragen sollen. Neue Erkenntnisse zum Zustand der Grubenhohlräume und der Einlagerungskammern nach Erstellung der Machbarkeitsstudie der DMT zur Rückholung ([DMT 2009](#)) werden vom vorliegenden Konzept berücksichtigt.

Derzeit untersucht das BfS basierend auf den Ergebnissen dieses Workshops z. B. die Planung, die ELK 12/750 auch von oben, also dem derzeitigen Bohrstandort an der ELK 7/750 oder von der 700-m-Sohle, aus anzubohren. Damit könnte eine Entflechtung von dem im Bereich der ELK 12/750 dringend notwendigen Maßnahmen zur Stabilisierung und Notfallvorsorge (Verfüllung Blindschacht 3) erreicht werden.

4.1 RANDBEDINGUNGEN FÜR DIE RÜCKHOLUNG

Der Vergleich von unterschiedlichen Stilllegungsoptionen für die Schachtanlage Asse II führte 2010 zu der Entscheidung, eine vollständige Rückholung aller radioaktiven Abfälle zu verfolgen. Da im Hinblick auf die Machbarkeit der Rückholung noch Unsicherheiten bestehen, ist zunächst eine Faktenerhebung in drei Schritten vorgesehen, bei der die noch offenen Fragen zu klären sind. Bereits im dritten Schritt der Faktenerhebung, der an den Einlagerungskammern 7 und 12 auf der 750-m-Sohle vorgenommen wird, sollen erste Gebinde probeweise geborgen werden. Weiterhin sollen die Schritte aus der Faktenerhebung notwendige Informationen aus den Einlagerungskammern liefern, damit belastbare Planungen für die Rückholung der Abfälle erarbeitet werden können.

Ein erster Rahmenterminplan für die Rückholung, der noch nicht die Ergebnisse vom "Fachworkshop Asse: Beschleunigung Rückholung" im September 2012 berücksichtigt, weist den Rückholungsbeginn erst für das Jahr 2036 aus. Bei dem „Fachworkshop zum Sachstand der Rückholung“, abgehalten vom BfS am 18./19.01.2012 in Braunschweig, wurde die Dauer der Rückholung im Mittel auf 35 Jahre geschätzt. Unter diesen Annahmen würde sich insgesamt ein Zeitraum bis zum Jahre 2070 ergeben, bis die Rückholung abgeschlossen werden könnte.

Unabhängig aller Zeitabschätzungen ist aber bereits heute abzusehen, dass sich die Rückholung über einige Dekaden hinziehen wird. Weiterhin ist ein kurzfristiger Beginn der Rückholung allein schon wegen eines fehlenden geeigneten Schachtes und eines Zwischenlagers ausgeschlossen. Daher ist es zwingend erforderlich, dass das heutige Grubengebäude in einen solchen Zustand

überführt wird, der eine langfristige sichere Offenhaltung und damit die Rückholung erst ermöglicht.

Durch die starken Verformungen bzw. Gebirgsbewegungen wurde die Barriereintegrität der Grube verletzt. Die Gesamtverformung im Baufeldzentrum beträgt derzeit etwa 5 Meter.

Seit Mitte 1988 tritt gesättigte Salzlösung aus dem Deckgebirge in der Grube auf. Der Zutritt liegt seit 10 Jahren bei etwa 12 m³ pro Tag und schwankt nur wenig. Da weder der genaue Migrationsweg der Zutrittslösung noch das angeschlossene Wasserreservoir bekannt sind, ist die Entwicklung der Zutrittssituation nicht prognostizierbar, ein technisch nicht beherrschbarer Lösungszutritt kann damit jederzeit eintreten. In einem solchen Fall müssen die Grube und eine Rückholung der Abfälle aufgegeben werden.

Die Vorsorgemaßnahmen sehen vor, dass der Grubenbereich unterhalb der 700-m-Sohle weitgehend verfüllt wird und die Einlagerungskammern bestmöglich eingekapselt werden. Benötigte Grubenhohlräume auf der 800-m-Sohle werden nach derzeitiger Planung weiterhin genutzt. Dort befinden sich Einrichtungen der Notfallvorsorge (Sumpfstrecken, Bereiche zur Verwertung kontaminierter Lösungen). Ein hydraulisch dichter Einschluss der Abfälle ist infolge der starken Schädigung der Pfeiler und Schweben zwischen den Grubenbauen allerdings nicht mehr möglich. Es erfolgt eine Drainage technisch nicht zu unterbindender Lösungszutritte in das Niveau der 750-m-Sohle von der 700-m-Sohle aus. Die Drainage orientiert sich dabei an den Positionen der heute vorhandenen „Laugenschlitze“ und folgt einem in Diskussionen mit der AGO entwickelten Konzept.

Durch die Verfüllung der zugänglichen Grubenbaue unterhalb der 700-m-Sohle wird der gesamte Bereich gebirgsmechanisch stabilisiert. Hierdurch erfolgt eine gleichmäßige Verteilung der Gebirgsspannungen und die derzeit noch hoch belasteten Tragelemente um die Einlagerungskammern (Pfeiler und Schweben) werden deutlich entlastet.

Sowohl die gebirgsmechanische Stabilisierung als auch das unter den heutigen Randbedingungen erreichbare bestmögliche Sicherheitsniveau nach Umsetzung aller Vorsorgemaßnahmen bilden die wesentlichen Voraussetzungen für den weiteren Offenhaltungsbetrieb und die Durchführung der Rückholung aller Abfälle.

4.2 VORAUSSETZUNGEN FÜR DIE RÜCKHOLUNG

Damit die Rückholung durchgeführt werden kann, sind aus heutiger Sicht folgende wesentliche Voraussetzungen zu schaffen:

- Großräumige gebirgsmechanische Stabilisierung der Bereiche um die Einlagerungskammern,
- Einlagerungskammern werden hinsichtlich der zutretenden Lösungen drainiert,
- Bestmögliche Notfallvorsorge gegenüber einem unbeherrschbaren Lösungszutritt,
- Abteufen eines neuen Schachts (Schacht 5) und Einrichtung einer geeigneten Fördertechnik für den Gebindetransport,
- Auffahrung neuer Infrastrukturräume für den konventionellen Bergwerksbetrieb,

- Auffahrung neuer Infrastrukturräume für den Rückholungsbetrieb einschließlich der Einrichtung der erforderlichen Strahlenschutzbereiche,
- Anbindung von Schacht 5 an das bestehende Grubengebäude
- Neukonzeption und Errichtung einer neuer Wetterführung und Filteranlagen, welche die Erfordernisse der Rückholung berücksichtigen,
- Schaffung von Zugängen zu den Einlagerungskammern einschließlich der notwendigen Schleusensysteme und Ablufführung,
- Einrichtung/Aufbau der Bergungstechnologie,
- Einrichtung/Aufbau einer Anlage zur Freimessung,
- Einrichtung/Aufbau einer Verpackungstechnologie für die geborgenen Abfälle für den innerbetrieblichen Transport,
- Einrichtung/Aufbau einer Baustoffanlage bzw. Verfülltechnologie zur Verfüllung der geräumten Einlagerungskammern,
- Stabilisierung/Sicherung der Schweben in den nicht verfüllten Einlagerungskammern,
- Errichtung der für die Rückholung notwendigen Tagesanlagen (z. B. Diffusor, Labore, Kauengebäude mit getrennter Kanalisation und Schleusenanlagen, Sicherungsanlagen),
- Errichtung eines Pufferlagers und einer Konditionierungsanlage über Tage,
- Errichtung eines Zwischenlagers.

Die derzeit im Bereich der Einlagerungskammern herrschenden Gebirgsspannungen und die daraus resultierenden Verformungen lassen keine langfristige Offenhaltung der Einlagerungssohlen zu. Ohne eine Stabilisierung würden die noch bestehenden Zugangsmöglichkeiten langfristig nicht mehr zu betreten sein. Das heute noch bedingt tragfähige Pfeiler- und Schwebensystem würde mit der Zeit vollständig entfestigt und die noch offenen Grubenräume verbrechen. Das Risiko der Schaffung weiterer Zutrittswege für Deckgebirgslösungen würde sich weiter erhöhen.

Da nach der Verfüllung der Grubenbaue unterhalb der 700-m-Sohle auch weiterhin damit zu rechnen ist, dass Zutrittslösungen in die Einlagerungskammern eindringen, müssen im Vorfeld geeignete Drainagen im Niveau der 750-m-Sohle angelegt werden, die ein Abpumpen der dort gesammelten und radioaktiv kontaminierten Salzlösungen gewährleisten. Dazu wurde nach fachlichem Austausch ein Drainagekonzept entwickelt, das derzeit von der Asse-GmbH beplant und in die Notfallplanung integriert wird.

Der bestehende Schacht 2 ist für den Transport der rückgeholten Abfälle nicht geeignet, da dieser nicht den heutigen kerntechnischen Sicherheitsstandards entspricht. Weiterhin ist durch die faktisch vorhandene Ein-Schachtanlage (der Schacht 4 ist nur ein Rettungsschacht) die Anzahl der unter Tage Beschäftigten begrenzt. Darüber hinaus wären die über diesen Schacht ein- und ausziehenden Wettermengen für die Rückholung nicht ausreichend. Erst mit dem neuen Schacht 5 werden sich die Randbedingungen im Hinblick auf die untertägigen Beschäftigten und der zur Verfügung stehenden Wettermengen deutlich verbessern.

Für den Rückholungsbetrieb werden neue übertägige bauliche Anlagen zu errichten sein. Zusätzlich zu den Gebäuden für den Schacht 5 (Fördermaschinenhaus und Schachthalle) müssen
9A/34000000/GHB/BT/0003/00 (Stand 12.11.2012)

neben den bereits bestehenden Tagesanlagen neue Tagesanlagen (z. B. Diffusor, Labore, Kauengebäude mit getrennter Kanalisation und Schleusenanlagen, Sicherungsanlagen) für den Rückholungsbetrieb geschaffen werden.

Weiterhin müssen alle für den konventionellen Bergwerksbetrieb (Offenhaltung) und für die Rückholung erforderlichen untertägigen Infrastrukturräume neu geschaffen werden. Die bisherigen Infrastrukturräume befinden sich in dem stark gebirgsmechanisch beanspruchten oberen Grubenteil und werden in den nächsten Jahren ihre Gebrauchstauglichkeit verlieren. Die Infrastrukturräume beinhalten neben den Anlagen des Lösungsmanagements auch alle Werkstätten, die für die Reparatur und Wartung aller technischen Komponenten notwendig sind. Hierbei ist zwischen konventionellen und kerntechnischen Bergwerksbetrieb zu differenzieren.

Beim Anfahren der Einlagerungskammern sowie bei der Rückholung selbst werden nicht nur radioaktiv kontaminierte Stoffe anfallen. Um diese konventionellen von den radioaktiven Stoffen zu trennen, muss unter Tage eine leistungsfähige Freimessanlage errichtet werden, die eine Separierung dieser Stoffe ermöglicht.

Bei den Einlagerungskammern, die nicht verfüllt worden sind, ist heute mit einer derart starken Schädigung bzw. Entfestigung der Schweben zu rechnen, dass vor dem Betreten oder dem Einsatz von Bergetechnik diese in Anhängigkeit von der einzusetzenden Bergetechnik gesichert werden müssen. Sofern oberhalb des geschädigten Bereichs noch intaktes und tragendes Gebirge vorhanden ist, könnte der Arbeitsraum theoretisch durch Berauben und Ankertechnik gesichert werden. Allerdings müsste man dafür die Arbeiten oberhalb der eingelagerten Abfälle durchführen. Ob dies überhaupt möglich ist, kann zurzeit nicht beurteilt werden. Ist kein intaktes Gebirge mehr vorhanden, kann der Verbruch der Schweben nur mit dem Versetzen des vorhandenen Resthohlraums in der Einlagerungskammer verhindert werden. Daher ist in beiden Fällen davon auszugehen, dass vor der Bergung der Abfälle die unverfüllten Kammern zunächst mit einem geeigneten Material (z. B. Brucitmörtel) versetzt werden müssen, damit ein Schwebenverbruch ausgeschlossen werden kann.

Die nicht freigabefähigen Stoffe bzw. radioaktiven Abfälle müssen unter Tage für den Transport nach über Tage verpackt werden. Dies erfolgt in einer Verpackungsanlage, in der nach der Verpackung eine Kontaminationskontrolle an der Umverpackung („Overpack“) stattfindet. Diese Verpackung dient nur dem innerbetrieblichen Transport und genügt nicht den durch die einschlägigen Vorschriften gestellten Anforderungen für den Transport auf öffentlichen Strassen.

Die nach über Tage gebrachten rückgeholt Abfälle müssen zunächst in ein am Standort Asse vorhandenes Pufferlager gebracht werden und von dort aus der Konditionierung zugeführt werden. Erst nach der Konditionierung können die Abfälle auf öffentlichen Straßen transportiert bzw. an geeigneter Stelle zwischengelagert werden.

4.3 MÖGLICHER KAMMERZUGANG BEI DER RÜCKHOLUNG

Öffnen der Kammer vom Niveau der 750/725-m-Sohle: Im Rahmen einer Studie für den Optionenvergleich hat die DMT GmbH aus Essen die Machbarkeit der Rückholung der Abfälle auf der 750 und 725-m-Sohle untersucht ([DMT 2009](#)). In dieser Machbarkeitsstudie wird vorgeschlagen, dass aus dem heutigen noch offenen Streckensystem der 750-m-Sohle Zugänge zu den Einlagerungskammern geschaffen werden. Da die Kammern zuerst immer im oberen Bereich geräumt werden müssen, war seitens DMT eine ansteigende wendelförmige Auffahrung vorgesehen. Zumal zum damaligen Zeitpunkt (2009) die Maßnahmen der Notfallplanung und zur 9A/34000000/GHB/BT/0003/00 (Stand 12.11.2012)

Rückholung noch nicht konkret genug geplant waren, konnten mögliche Wechselwirkungen mit den heute geplanten Stabilisierungs- und Vorsorgemaßnahmen nicht betrachtet werden.

Bei dieser von DMT vorgeschlagenen Rückholungsvariante müssten im Zuge der Rückholung neue Strecken aufgeföhren werden. Nach Umsetzung der Stabilisierungsmaßnahmen und der Einkapselung der Einlagerungskammern mit Hilfe von Abdichtungsbauwerken („Topfkonzept“ als Bestandteil der Vorsorgemaßnahmen) wäre der Grubenbereich unterhalb von der 700-m-Sohle vollständig mit Sorelbeton verfüllt. Daher müsste nach Umsetzung der Stabilisierungs- und Vorsorgemaßnahmen je nach Bergetechnologie zusätzlich eine neue Anbindung von der 700-m-Sohle (über die 725-m-Sohle) zur 750-m-Sohle geschaffen werden. Dies stellt für einen Bergwerksbetrieb kein besonderes Problem dar, da das Verfüllmaterial (Sorelbeton) ähnlich einem unverritzten Salzgebirge wieder durchörtert (z. B. mit einer Teilschnittmaschine) werden kann.

Allerdings wird bei dieser Vorgehensweise das nach Umsetzung der Vorsorgemaßnahmen geschaffene „Topfkonzept“ in seiner Wirksamkeit beeinträchtigt. Würde es bei geöffneter Kammer zu einem technisch nicht beherrschbaren Lösungszutritt kommen und könnten die neu geschaffenen Aufföhren nicht wieder rechtzeitig vollständig verschlossen werden, wäre die Wirksamkeit des „Topfkonzepts“ erheblich beeinträchtigt. Insbesondere würden Wegsamkeiten auf der 750-m-Sohle zu deutlich höheren radiologischen Konsequenzen föhren.

Öffnen der Kammer vom Niveau der 700-m-Sohle: Bei einem Zugang der Einlagerungskammern von der 700-m-Sohle aus müsste zunächst eine Neuaufföhren bis zur 725-m-Sohle geschaffen werden. Von der 725-m-Sohle aus könnte dann ein Zugang über die etwa 10 Meter mächtige Schwebelagerung der Einlagerungskammern aufgeföhren werden, sodass der Zugang von oben erfolgt. Dies hätte den Vorteil, dass man die eingelagerten Abfälle direkt im oberen Bereich erreichen und die Rückholung sich konsequent von oben nach unten vollziehend gestalten würde. Ein Zugang oder eine Anbindung der 750-m-Sohle könnte somit entfallen.

Im Hinblick auf das realisierte „Topfkonzept“ ergibt sich der Vorteil, dass lediglich nur ein Zugang von oben in die Einlagerungskammer besteht, der die seitlichen Barrieren („Topfwandung“) nicht verletzt. Darüber hinaus lässt sich ein von oben, einfallender Zugang im Notfall wesentlich besser wieder verschließen als eine ansteigende Strecke zum Kammerhöchsten von der 750-m-Sohle aus.

Öffnen der Einlagerungskammern vom Niveau unterhalb der 750-m-Sohle: Ein Anfahren der Einlagerungskammern von einem Niveau unterhalb der Einlagerungssohle ist nur rein theoretisch denkbar, weil sicherheitstechnisch nicht vertretbar. Eine kontrollierte Bergung der Abfallgebände ist wegen der Gefahr des Nachbruchs hierdurch nicht möglich. Daher entfallen an dieser Stelle weitere Betrachtungen.

Präferiertes Vorgehen zum Öffnen der Einlagerungskammern:

Da aus heutiger Sicht die Rückholung erst nach Umsetzung aller Vorsorgemaßnahmen unterhalb der 700-m-Sohle beginnen kann, wäre unter Berücksichtigung eines bestmöglichen Notfallschutzes nur eine Öffnung der Einlagerungskammer von der 700-m-Sohle aus zu bevorzugen. Hierdurch wird das im Rahmen der Vorsorgemaßnahmen umgesetzte „Topfkonzept“ zur Einkapselung der Abfallkammern am wenigsten beeinträchtigt.

Der hierbei stattfindende Zugang durch den „Topfdeckel“ ist am ehesten zu vertreten, da dieser im Hinblick auf seine Abdichtfunktion zunächst eine untergeordnete Rolle spielt. Auch ist im Falle des Notfalls der Verschluss eines einfallenden Zugangs einfacher.

4.4 TECHNISCHE KONZEPTE ZUR UMSETZUNG DER RÜCKHOLUNG

Das Grubengebäude für die Rückholung:

Das derzeit bestehende Grubengebäude der Schachtanlage Asse II ist für die Rückholung der Abfälle nicht geeignet. Der einzige derzeit vorhandene Hauptschacht (Schacht 2) kann nicht die für die Rückholung erforderlichen Randbedingungen (z. B. Bewetterung, Personal, störfallsicherer Gebindeftransport) erfüllen. Daher ist das Abteufen eines neuen Schachts („Schacht 5“) zwingend notwendig. Diese Einschätzung wird, wie der „Fachworkshop zum Sachstand der Rückholung“, abgehalten vom BfS am 18./19.01.2012 in Braunschweig ergeben hat, von allen Projektbeteiligten und Behörden geteilt. Dieser Schacht muss so errichtet werden, dass hierüber die Wetter abgeführt und die Abfallgebände herausgebracht werden können. Entsprechend des derzeitigen Planungsstands ist ein potenziell geeigneter Schachtstandort etwa 500 m östlich des Schachts 2 gelegen. Die Erkundung des Schachtstandorts wird Anfang 2013 beginnen.

Aufgrund der weiterhin anhaltenden Konvergenzbewegungen ist davon auszugehen, dass das derzeitige Grubengebäude durch eine weitgehende Verfüllung bestmöglich stabilisiert wird. Dies führt dazu, dass die derzeit noch offenen Strecken verschlossen werden. Bereiche, die z. B. der Fassung der Zutrittswässer dienen, müssen weiterhin zugänglich bleiben. Die derzeit noch vorhandenen Infrastrukturräume müssen aufgrund des drohenden Verlusts der Arbeitssicherheit ebenfalls verfüllt und in bisher noch nicht erschlossene, sichere Bereiche verlegt werden.

Unter der Voraussetzung, dass der potenziell identifizierte Schachtstandort geeignet ist, kann das bestehende, stabilisierte Grubengebäude auf den Niveaus der 595- und 700-m-Sohle an den neuen Schacht 5 angeschlossen werden. Die Geologie der Bereiche zum Beladen des Förderkorbs („Füllörter“) soll ebenfalls bis 2014 erkundet werden.

Weiterhin müssen für die Durchführung der Rückholung die hierfür notwendigen Infrastrukturräume geschaffen werden. Infrastrukturräume sind Grubenbaue, in denen Werkstätten, Speicherbecken, Baustoffanlagen, elektrische Anlagen, Messanlagen, Verpackungsanlagen, Lagerräume etc. eingerichtet werden können. Bei der Rückholung sind sowohl Infrastrukturräume für den konventionellen Bergwerksbetrieb als auch für den kerntechnischen Teil der Rückholung notwendig. Bisherige Überlegungen gehen davon aus, dass diese Räume im Anschlussbereich des neuen Schachts 5 eingerichtet werden können. Sollte dies aus Platzgründen nicht möglich sein, könnten die Infrastrukturräume ggf. auch auf verschiedenen Sohlen übereinander oder an anderen geeigneten Stellen der Salzstruktur angeordnet werden. Aufgrund der vorhandenen geologischen Gegebenheiten (geeignete Salzgesteine) und der ungünstigen Einschränkungen durch notwendige Sicherheitspfeiler stehen nur wenige Bereiche für den Anschluss des neuen Schachtes und neue Infrastrukturbereiche zur Verfügung.

Bei der Planung der Auffahrung und Einrichtung der Infrastrukturräume muss von vornherein zwischen dem konventionellen Bergwerksbetrieb und dem Rückholungsbetrieb unterschieden werden. Der Rückholungsbetrieb erfordert eine Unterteilung der Grubenräume nach StrlSchV in verschiedene Strahlenschutzbereiche (Sperrbereiche - hier werden z. B. die Rückholungstechniken (mannlos) zum Einsatz kommen, Kontrollbereiche - hier werden z. B. Abfälle verpackt oder die Rückholungstechniken repariert) sowie in Überwachungsbereiche und ggf. konventionelle Bereiche unterteilt. Aus diesem Grund wird es auch zwei unterschiedliche Bewetterungssysteme geben müssen. Das eine System versorgt ausschließlich nur den konventionellen Bergwerksbetrieb, das zweite System die Strahlenschutzbereiche. Abwetter aus

den Strahlenschutzbereichen (zumindest aus den Sperr- und Kontrollbereichen) werden radiologisch gefiltert, bevor sie über den Schacht 5 aus dem Grubengebäude abgeführt werden. Dafür ist der Aufbau einer geeigneten Wetterführung und Filteranlage erforderlich.

Da sich die Abfälle auf der 725/750-m-Sohle befinden, muss vom Niveau der 700-m-Sohle aus ein Zugang zu den Einlagerungskammern geschaffen werden. Dieser Zugang muss im ungünstigsten Fall (Abfälle im Sohlenniveau) eine Höhendifferenz von 50 m überbrücken. Dies könnte z. B. mit einer Rampe oder einer Wendel erfolgen und ist aus bergbautechnischer Sicht problemlos zu bewältigen. Allerdings ist das Gefälle (Einfallen) an die gewählte Fördertechnik bzw. Fördermittel anzupassen.

Schleusensysteme:

Die Trennung zwischen Strahlenschutzbereichen und konventioneller Grube erfolgt durch Schleusensysteme. Die Schleusen verhindern Kontaminationsverschleppungen und begrenzen/regeln den Zugang in die Strahlenschutzbereiche. Weiterhin müssen die Schleusensysteme mögliche Störfallauswirkungen (z. B. durch Brand, Explosion) begrenzen und im Falle eines technisch nicht beherrschbaren Lösungszutritts eine Abdichtung der Zugänge zu den Einlagerungskammern ermöglichen. Diese könnte z. B. durch Verfüllung der Schleuse selbst und des Zugangs mit Sorelbeton erfolgen. Bei den derzeit hohen Verformungsraten ist die Erstellung eines Sicherheitsnachweises für die Schleusensysteme eine erhebliche Herausforderung. Eine Minimierung der Verformungsraten durch Verfüllung führt hier zu günstigeren Randbedingungen.

Bergung der Abfälle:

Grundsätzlich ist vorgesehen, dass die Bergung der Abfälle immer in einem nach StrlSchV eingerichteten Sperrbereich mit Hilfe von elektrisch betriebener, fernbedienbarer Bergetechnik erfolgt. Solange keine Personen diesen Bereich betreten und keine Verbrennungsmotoren in den Arbeitsgeräten eingesetzt werden, müssen diese auch nicht dauerhaft bewettert werden. Hierdurch wird die zu handhabende Wettermenge in den Strahlenschutzbereichen minimiert.

Nach dem Freilegen der Gebinde oder von Gebindeteilen werden diese aufgenommen und einer Umverpackung („Overpacks“) zugeführt. Nach dem Verpacken werden die Overpacks auf radioaktive Kontamination kontrolliert und, nach Feststellung eines negativen Befunds, zum Verlassen des Kontrollbereichs und weiteren Transport nach über Tage freigegeben. Das beim Bergen anfallende Schüttgut wird über eine untertägige Freimessanlage geführt und hierbei in die Stoffströme „nicht freigabefähig“ (radioaktiver Abfall) bzw. „freigabefähig“ getrennt. Freigabefähige Stoffe mit vernachlässigbarem chemotoxischen Potenzial verbleiben unter Tage. Eine übertägige Verwertung oder Entsorgung dürfte erhebliche Schwierigkeiten aufweisen.

Bei der Bergung der Abfälle sind zwei mögliche Szenarien denkbar. Im ersten Szenario wird davon ausgegangen, dass der Arbeitsraum in den Einlagerungskammern die erforderliche Arbeitssicherheit aufweist, d. h., dass die Pfeiler und Schweben in der Einlagerungskammer hinreichend gesichert werden können. Beim zweiten Szenario wird davon ausgegangen, dass eine Sicherung der Einlagerungskammer nicht möglich ist und die Rückholung daher mit einer geeigneten Ausbautechnik (Bühnenschild) ähnlich dem Tunnelbau, erfolgen wird.

Bergung der Abfälle in einem gesicherten Arbeitsraum:

Ergeben die gebirgsmechanischen Untersuchungen im Rahmen der Faktenerhebung und die durchzuführenden Standsicherheitsanalysen, dass die Schweben und Pfeiler eine ausreichende Stabilität aufweisen, kann nach dem Anfahren (von oben) und Öffnen die Einlagerungskammer sukzessiv im Fortschritt der Abfallbergung durch Berauben und Ausbau gesichert werden. Bei den unverfüllten Einlagerungskammern müssten die Beraubearbeiten so gestaltet werden, dass herabfallende Abschalungen nicht die Einlagerungsgebände treffen. Ist dies nicht möglich, muss zunächst der vorhandene Resthohlraum mit geeignetem Material versetzt werden, sodass gelöste Abschalungen keine Beschädigungen der Gebände verursachen können. In den bereits verfüllten Einlagerungskammern besteht diese Problematik nicht. In diesem Fall wäre die Einlagerungskammer entsprechend dem Rückholungsfortschritt sukzessiv zu sichern.

Die Bergung der Gebände erfolgt ausschließlich in einem Sperrbereich nach StrlSchV, der nur unter bestimmten Voraussetzungen, z. B. für Wartungs- oder Reparaturarbeiten, betreten werden darf. Für die Arbeitsschritte Öffnen und Sichern der Einlagerungskammer sowie für das Lösen/Freilegen/Greifen und Transportieren der Gebände werden ausschließlich fernbedienbare Techniken eingesetzt. Die Techniken werden von unter Tage aus in einem abgeschirmten und mit Frischluft versorgtem Arbeitsraum gesteuert und überwacht.

Die geborgenen Abfallgebände oder Gebändeteile sowie die beim Lösen gewonnenen Begleitmaterialien werden anschließend mit geeigneten Transportmitteln aufgenommen und in Richtung der untertägigen Umverpackungsstelle transportiert. Stückige Materialien werden zunächst einer Freimessanlage zugeführt und in die Fraktionen „nicht freigabefähig“ (radioaktiver Abfall) und „freigabefähig“ unterteilt. Freigegebene Stoffe können unter Tage, z. B. für Versatzzwecke der leergeräumten Einlagerungskammern verwendet werden.

Gebände und radioaktiv kontaminierte Stoffe werden einer Verpackungsanlage zugeführt. Hier werden die Stoffe für den Transport in Umverpackungen („Overpacks“) dicht verpackt. Die Umverpackungen sind nur für den betrieblichen Transport im Grubengebäude sowie auf dem Betriebsgelände ausgelegt.

Bergung der Abfälle mit Hilfe eines Bühnenschildes

Zeigen die gebirgsmechanischen Untersuchungen und Berechnungen eine so starke Schädigung von Pfeilern und Schweben der Einlagerungskammern, dass eine Sicherung der Einlagerungskammer nicht mehr möglich ist, muss eine andere Herangehensweise gewählt werden. In diesem Fall wäre z. B. der Einsatz eines sogenannten Bühnenschilds denkbar, welches das Gebirge in alle Richtungen stützt (Schildausbau). Die Arbeitsgeräte befinden sich hierbei auf den eingebauten Arbeitsbühnen und werden ebenfalls fernbedient. Das Bühnenschild würde sich dann ähnlich einer Tunnelbohrmaschine durch die Einlagerungskammer bewegen. Der hierbei entstandene Hohlraum wird hinter dem Bühnenschild verfüllt, sodass sich der offene Hohlraum nur auf den tatsächlichen Arbeitsraum beschränkt. Mit den hierbei gewonnenen Gebänden, Gebändeteilen oder Begleitmaterialien wird dann in gleicher Weise verfahren wie bei der Bergung der Abfälle in einem gesicherten Arbeitsraum.

Freimessanlage

Bei der Bergung werden neben den eigentlichen Abfällen auch weitere Begleitmaterialien anfallen, die nicht unbedingt verunreinigt bzw. als radioaktiver Abfall einzustufen sind. Ebenso kann es sein, dass inzwischen die radioaktive Belastung von Abfallbestandteilen aus defekten Gebänden soweit 9A/34000000/GHB/BT/0003/00 (Stand 12.11.2012)

abgeklingen ist, sodass sie freigegeben werden können und danach nicht mehr als radioaktiver Stoff zu behandeln sind. Dies würde den Umgang mit solchen Stoffen deutlich vereinfachen.

Daher ist bei der Rückholung auch der Einsatz einer Freimessanlage erforderlich, die für einen Durchsatz größerer Mengen auszulegen ist. Bereits beim Öffnen der Einlagerungskammern werden große Mengen Haufwerk anfallen, welches voraussichtlich freigabefähig ist. Da aber diese Arbeiten immer im Rahmen einer Umgangsgenehmigung erfolgen und Kontaminationsrisiken nicht ausgeschlossen werden können, ist eine Freimessung und Freigabe der gewonnenen Stoffe notwendig.

Bei der Entscheidung, ob ein freigegebener Stoff im Bergwerk verbleiben darf, wird auch sein chemisch-toxisches Potenzial berücksichtigt.

Verpackung und Transport

Nachdem die Abfälle in Umverpackungen („Overpacks“) verpackt und diese eine Kontaminationskontrolle passiert haben, werden diese zum Schacht 5 und über diesen nach über Tage in das Pufferlager transportiert. Die Transporte finden ausschließlich auf dem Betriebsgelände statt. Ein Transport der Overpacks auf öffentlichen Verkehrswegen ist nicht möglich, da die hierfür notwendigen Anforderungen durch die Overpacks nicht gewährleistet werden können.

Der Transport der Abfälle nach über Tage erfolgt über den Schacht 5. Die Schachtförderanlage wird so errichtet, dass sie die erforderliche Sicherheit im Hinblick auf den Gebindeabsturz gewährleistet. Es ist technisch nicht möglich, einen handhabbaren Behälter zu entwickeln, der diese Störfallsicherheit ebenfalls gewährleisten kann (freier Fall über 700 m).

Pufferlager, Konditionierung und Zwischenlagerung

Die über Tage angekommenen Overpacks werden zunächst temporär im Pufferlager gelagert. Das Pufferlager gleicht Schwankungen aus, die z. B. durch Betriebsstörungen entstehen, und soll einen nahezu kontinuierlichen Rückholungsbetrieb gewährleisten.

Bevor die Overpacks der Konditionierung zugeführt werden, kommen diese zunächst in eine Fassmessanlage. In der Fassmessanlage werden unterschiedliche zerstörungsfreie Messungen, z. B. Gamma-Scan oder Tomographie, durchgeführt, um möglichst viele Informationen über Struktur der Inhalte, freie Flüssigkeiten oder Aktivitätsverteilungen im Gebinde zu bekommen. Nach der Messung muss auch entschieden werden, ob das Gebinde zusätzlich beprobt werden muss. Die technischen Möglichkeiten zur Bestimmung eines gesicherten Nuklidinventars der geborgenen Gebinde sind stark begrenzt (Abschirmung der Alpha-Strahler, Maskierungseffekte). Es bestehen planerische Risiken mit den genannten Messeinrichtungen die für eine Abfallcharakterisierung nach heutigen Standards nötigen Daten zu ermitteln.

Gebinde mit freier Flüssigkeit oder zu hohen Feuchtigkeitsanteilen müssen einer Vakuumtrocknung zugeführt werden.

Die Deklaration der Abfälle für die spätere Endlagerung erfolgt nach festgelegten Plänen. Hierbei werden alle Informationen und Messungen festgehalten, die mit Beginn der Bergung für das jeweilige Gebinde oder den jeweiligen Overpacks erlangt werden. Qualitative Informationen werden allerdings erst in der Fassmessanlage gewonnen. Nach der Messung muss entschieden werden, ob noch eine zusätzliche Beprobung des Gebindes erfolgen muss. Dies hängt in erster

Line von den für die Abfallcharakterisierung gemäß Annahmebedingungen des Zielendlagers notwendigen Daten ab. Eine repräsentative Beprobung aller Overpacks/Gebinde wird nicht möglich sein und würde sich infolge des damit verbundenen Umgangs deutlich auf die Strahlenexposition der Beschäftigten auswirken.

Nach der Deklaration werden die Overpacks/Gebinde für die spätere Endlagerung zusammengestellt. Hierbei sind die Annahmebedingungen des Zielendlagers zu berücksichtigen. Da heute noch kein Zielendlager bekannt ist, werden bei den Planungen die Annahmebedingungen für das Endlager Konrad zugrunde gelegt. Als Endlagerbehälter kommen Container zum Einsatz. In diese Container werden die Overpacks/Gebinde gestellt und anschließend mit einem geeigneten Beton vergossen. Ob dabei ein Salzbeton eingesetzt werden kann, in dem der bei der Bergung anfallende radioaktiv kontaminierte Salzgrus verwertet wird ist noch zu klären. Dies würde das Abfallvolumen reduzieren. Nach dem Abbinden des Betons sind die Abfälle in den Containern störfallfest verpackt und können in das Zwischenlager transportiert werden. Die Dauer der Zwischenlagerung richtet sich nach der Dauer für die Bereitstellung eines annahmehereiten Endlagers.

Endlagerung der rückgeholten Abfälle

Ziel der Rückholung ist die derzeitige Lagersituation der Abfälle in der Schachtanlage Asse II zu verbessern und mögliche Konsequenzen für Mensch und Umwelt zu minimieren. Da bei der Zwischenlagerung potenziell höhere Strahlenexpositionen im Vergleich zum heutigen Anlagenzustand zu erwarten sind, wird ein Sicherheitsgewinn erst nach der Endlagerung der rückgeholten und neu konditionierten Abfälle erreicht. Daher muss das übergeordnete Ziel der Rückholung nicht die langfristige Zwischenlagerung, sondern die schnellstmögliche Endlagerung der Abfälle sein. Festlegungen für ein mögliches Zielendlager gibt es derzeit nicht.

5 RESÜMEE NOTFALLVORSORGE UND RÜCKHOLUNGSKONZEPT

Die in der Konzeptskizze beschriebene Vorgehensweise bei der Rückholung weicht von der 2009 in der Machbarkeitsstudie der DMT ([DMT 2009](#)) skizzierten Vorgehensweise ab. Da sich inzwischen herauskristallisiert hat, dass die von DMT zugrunde gelegten Randbedingungen teilweise nicht zutreffend waren, ist eine geänderte Vorgehensweise bei der Rückholung erforderlich. Insbesondere die Notwendigkeit eines neuen Schachts wurde nicht erkannt sowie die für die Rückholung notwendige Zeitdauer zu optimistisch eingeschätzt. Weiterhin konnten aus den oben angeführten Gründen in der Machbarkeitsstudie keine Wechselwirkungen mit den Vorsorgemaßnahmen der Notfallplanung sowie der drohende Verlust der heutigen Infrastrukturräume berücksichtigt werden.

Die hier beschriebene Vorgehensweise berücksichtigt die heutigen Erkenntnisse zum Zustand der Schachanlage und zu den Voraussetzungen für die Durchführung der Rückholung. Weiterhin hat diese Vorgehensweise die geringsten Wechselwirkungen mit den umzusetzenden Vorsorgemaßnahmen aus der Notfallplanung und bergbauliche und sicherheitstechnische Vorteile. Nur durch die Umsetzung der Vorsorgemaßnahmen kann die bestmögliche Anlagensicherheit und damit eine akzeptable Ausgangssituation für einen länger dauernden Rückholungsbetrieb erreicht werden.

Die unterhalb der 700-m-Sohle durchzuführenden Stabilisierungsmaßnahmen erlauben ein bergbaulich sicheres Vorgehen und bilden eine weitere Grundlage für den Rückholungsbetrieb. Gewisse Behinderungen werden sich allerdings nicht vermeiden lassen (z. B. durch die Verfüllung heute noch offener ELK-naher Grubenhohlräume, dies ist aber nicht mit einer Verhinderung der Rückholung gleichzusetzen).

Eine über mehrere Jahrzehnte (ca. 2036 + ca. 35 Jahre) andauernde Offenhaltung der 725/750-m-Sohle für die Rückholung ohne Stabilisierungsmaßnahmen ist aus bergbausicherheitslicher und gebirgsmechanischer Sicht ausgeschlossen.

Die im Sohlenniveau radioaktiv kontaminierten und gebirgsmechanisch bereits erheblich geschädigten ELK-nahen Strecken sind ohnehin für einen Rückholungsbetrieb und den Einsatz der erforderlichen Technik (z. B. Fahrzeuge, Schleusensysteme, Wetterführung) nicht geeignet.

Der Zugang von der 700-m-Sohle zu den Einlagerungskammern hat die geringsten Wechselwirkungen mit den geplanten und notwendigen Maßnahmen der Notfallvorsorge.

Die Wirksamkeit von bereits errichteten Vorsorgemaßnahmen wird bei einem Zugang für die Bergung der Abfälle von der 700-m-Sohle nicht wesentlich beeinträchtigt.

Ausgehend vom jetzigen Zustand der Schachanlage Asse II, wäre ohne eine bestmögliche Notfallvorsorge der im Mittel mit 35 Jahren Dauer abgeschätzte Rückholungsbetrieb nicht zu verantworten.

6 LITERATUR

- AF-COLENCO (2009): Schachtanlage Asse II – Abschätzung der Trinkwasserdosis bei einem unterstellten Absaufen des Grubengebäudes. – AF-Colenco AG; Baden/Schweiz, den 08.05.2009.
- AF-COLENCO, GRS & IFG (2009): Schachtanlage Asse II – Beschreibung und Bewertung der Stilllegungsoption Vollverfüllung. – KZL: 9A/21110000/EA/R/0002/00; Baden/Schweiz, Braunschweig & Leipzig, den 01.10.2009.
- ASSE-GMBH (2009): Zusammenstellung potenzieller Gefährdungen im Grubengebäude der Schachtanlage Asse aus bergbausicherheitslicher und radiologischer Sicht. – Unveröff. Bericht der Asse-GmbH im Auftrag des BfS; Remlingen, den 15.05.2009.
- ASSE-GMBH (2010a): Notfallplanung zur Minimierung der Konsequenzen eines auslegungsüberschreitenden Lösungszutritts – Bericht der Asse-GmbH im Auftrag des BfS; Remlingen, den 23.02.2010.
- ASSE-GMBH (2010b): Notfallplanung – Entscheidungskriterien zur qualitätsgerechten Umsetzung der Maßnahmen – unveröff. Bericht der Asse-GmbH im Auftrag des BfS; Remlingen, den 16.08.2010.
- ASSE-GMBH (2010c): Notfallplanung zur Konsequenzenminimierung – Ergänzungsunterlage für die Zeitabschätzung zur Maßnahmenumsetzung. - KZL: 9A/23700000/BAU/GH/BZ/0004/00; Remlingen, den 24.02.2010.
- ASSE-GMBH (2011a): Notfallplanung – Zustand der Infrastrukturräume unter Tage und zukünftiger Bedarf – Asse-GmbH-KZL 9A/44000000/IAA/GJ/BY/0001/00; Remlingen, den 12.12.2011.
- ASSE-GMBH (2011b): Notfallplanung – Statusbericht und geplante Umsetzung der Vorsorgemaßnahmen – Asse-GmbH-KZL 9A/44000000/BAU/GH/BZ/0001/01; Remlingen, den 22.12.2011.
- AVV (2005): Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Entwurf der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zu § 47 StrlSchV. – Bonn den 13.05.2005.
- BFS (2009a): Einschätzung der möglichen Entwicklung des Lösungszutritts während der Betriebsphase der Schachtanlage Asse II. – Bericht des Bundesamtes für Strahlenschutz, BfS-9A/64222000/HGH/RB/0001/00; Salzgitter, den 12.06.2009.
- BFS (2009b): Strategische Optionen im Hinblick auf auslegungsüberschreitende Ereignisse in der Schachtanlage Asse II. - Bericht des Bundesamtes für Strahlenschutz, BfS-9A/69000000/EA/RB/0003/01; Salzgitter, den 10.11.2009.
- BFS (2010): Notfallplanung für das Endlager Asse. - Bericht des Bundesamtes für Strahlenschutz, KZL 9A/34000000/EBM/RB/0002/01; Salzgitter, den 28.02.2010.
- BFS (2012): Schachtanlage Asse II - Fachworkshop zum Sachstand der Rückholung, Ergebnisse des Fachworkshops vom 18. – 19.01.2012 in der Stadthalle Braunschweig. – BfS-KZL 9A/21300000/GHB/R/0001/00; Salzgitter, den 27.01.2012.
- BGLBB (2010): Berechnungsgrundlagen zur Ermittlung der Strahlenexposition infolge bergbaubedingter Umweltradioaktivität (Berechnungsgrundlagen – Bergbau). – BfS-Bericht; Salzgitter, im März 2010.
- DMT (2009): Beurteilung der Möglichkeit einer Rückholung der LAW-Abfälle aus der Schachtanlage Asse. – DMT GmbH & Co. KG und TÜV NORD SysTec GmbH & Co. KG; Essen, den 25.09.2009.
- GRS (2009): Abschätzung potenzieller Strahlenexpositionen in der Umgebung der Schachtanlage Asse II infolge auslegungsüberschreitender Zutrittsraten der Deckgebirgslösung während der

Betriebsphase. – Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Braunschweig, den 21.04.2009.

GRS (2010): Schachtanlage Asse: Stellungnahme zur Wirksamkeit von Einzelmaßnahmen der Notfallplanung. – Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH; Braunschweig, den 26.04.2010.

IFG (2009): Gebirgsmechanische Zustandsanalyse und Prognose auf der Basis von Standortdaten sowie 3D-Modellrechnungen. – Institut für Gebirgsmechanik; Leipzig, den 11.03.2009.

ISTEC (2009): Sicherheitsüberprüfung der Störfallvorsorge der Schachtanlage Asse II. –Institut für Sicherheitstechnologie (ISTec) GmbH im Auftrag des BfS, ISTec – A – 1237 REV 2; Köln, den 30. Oktober 2009.

ÖKO-INSTITUT (2011): Neuberechnungen zu den Auswirkungen eines auslegungsüberschreitenden Lösungszutritts in der Schachtanlage Asse II, ENTWURF. – Öko-Institut e.V. im Auftrag des BMU; Darmstadt, den 24.05.2011.